II. ZESZYT 1/2.

PORADNIK

W SPRAWACH NAUCZANIA I WYCHOWANIA ORAZ ADMINISTRACJI W SZKOŁACH ŚREDNICH OGÓLNOKSZTAŁCĄCYCH I W SEMINARJACH NAUCZYCIELSKICH

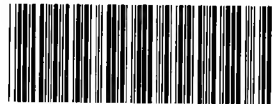
TREŚĆ:

NAKŁADEM MINISTERSTWA WYZNAŃ RELIGIJNYCH i OŚWIECENIA PUBLICZNEGO

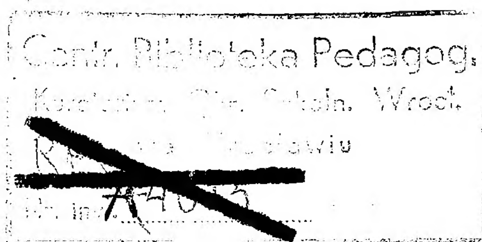
WARSZAWA 1930

SKŁAD GŁÓWNY: KSIĄŻNICA-ATLAS T. N. S. W., NOWY-ŚWIAT 59

Dolnośląska Biblioteka Pedagogiczna
we Wrocławiu



WRO0138523



REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, BAGATELA 12.

Na korespondencji z Redakcją umieszczać należy napis: „dla Poradnika".

Redaktor: Kazimierz Pieracki.

ORGANIZACJA PRACOWNI FIZYCZNEJ W SZKOŁACH ŚREDNICH OGÓLNOKSZTAŁCĄCYCH I W SEMINARJACH NAUCZYCIELSKICH.

UWAGA WSTĘPNA.

Jak wynika z ogólnego charakteru wydawnictwa, opracowania z zakresu nauczania fizyki, zawarte w tym zeszycie, mają na celu udzielenie porad tym nauczycielom i tym dyrektorom, którzy tego potrzebują, nie krępując w niczem indywidualnej inicjatywy i pomysłowości. Artykuły są rezultatem pracy zbiorowej, wykonanej przez fachową komisję. Komisja zajęła się przedewszystkiem ćwiczeniami z fizyki dla klas wyższych, oraz kwestjami, dotyczącemi urządzenia pracowni i organizacji ćwiczeń z fizyki, ponieważ niedomagania w tym zakresie są dotąd największe, co odbija się dotkliwie na wynikach nauczania [1].

I. POMIESZCZENIE I URZĄDZENIE PRACOWNI.

Ćwiczenia z fizyki muszą się odbywać w sali specjalnie przeznaczonej na pracownię fizyczną, widnej, suchej i łatwej do przewietrzania. Wymiary sali powinny być takie, aby na

[1]) W artykule poniższym uwzględniono również zagadnienia związane z nauczaniem chemji o tyle, o ile pozwalał na to rodzaj omawianej sprawy. Opracowaniem ćwiczeń z chemji dla wyższego gimnazjum zajmuje się specjalna komisja.

każdego ucznia przy normalnej szerokości sali 6 m, przypadało przynajmniej po 2 m² ogólnej powierzchni podłogi (np. 10 × 6 m).

W gimnazjach typu matematyczno - przyrodniczego, oraz w seminarjach nauczycielskich przewiduje się osobną salę do fizyki i osobną do chemji; w gimnazjach typu humanistycznego i klasycznego trzeba będzie naogół zadowolić się jedną wspólną salą do ćwiczeń z fizyki i chemji.

Oprócz sal do ćwiczeń (w których będą się musiały także odbywać pokazy i eksperymenty, wykonywane przez nauczyciela), potrzebne są przynajmniej: pokój do przygotowania przyrządów etc. do lekcyj, zarazem pokój nauczyciela; pokój na skład przyrządów fizycznych i podobny (ew. mniejszy) pokój na materjały chemiczne. Pokój przygotowawczy najdogodniej umieścić pomiędzy dwiema salami do ćwiczeń (rys. 1).

Do umeblowania pracowni należy przedewszystkiem odpowiednia ilość specjalnych *stolików* uczniowskich. Należy je umieścić w równych, dostatecznie dużych odstępach i przymocować do podłogi żelaznemi kątownikami. Stoliki te powinny być konstrukcji możliwie prostej, zbudowane masywnie i mocno [1]), z płytą wąskich desek klejonych prawą i lewą stroną, o wymiarach: 1,4 — 1,6 m na długość, 0,7 — 0,9 m na szerokość (w zależności od wielkości sali), o grubości 3 — 3,5 cm, wystającą brzegami na 6 cm [2]). W każdym stoliku powinny być szufłady z przegródkami, albo schowki otwarte (półka, przedzielona przegrodą). Stoliki, używane do ćwiczeń, są 2 — 4 osobowe. Najprostszy typ stolika 2-osobowego (jednostronnego), do ćwiczeń z fizyki lub chemji, przedstawia rys. 2 (dług. 1,5 m, szer. 0,7 m, wys. 0,8 m). Tani stolik do ćwiczeń jest sosnowy, zaciągany politurą na kolor np. orzechowy.

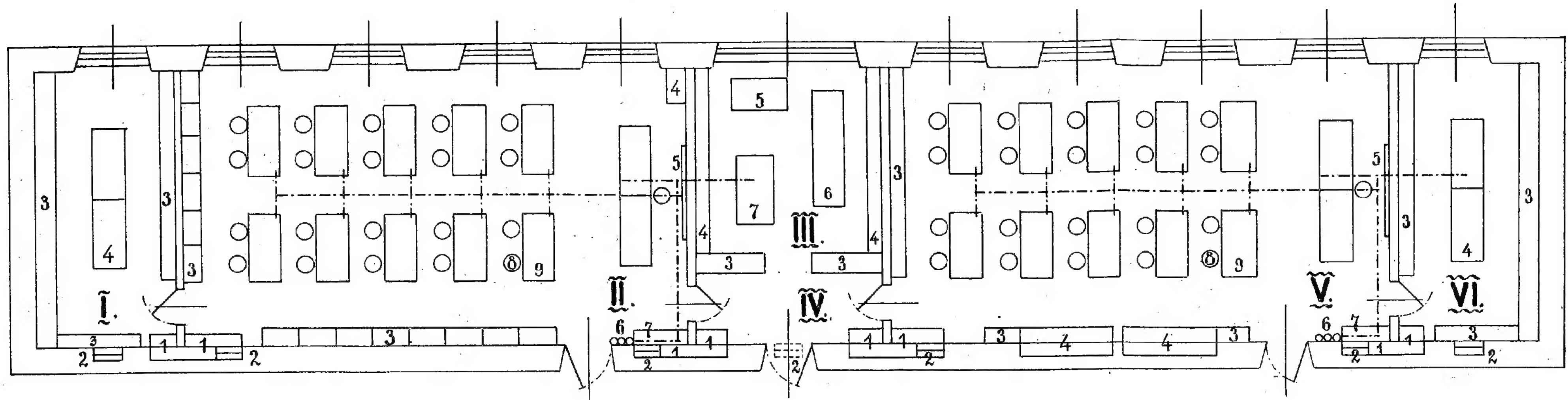
Stołki (taborety) dla uczniów, bez oparcia, masywne, sosnowe (0,35 × 0,35 × 0,45); pośrodku podłużny otwór.

Szafy mają szczelnie przystawać do podłogi (aby nie gromadził się pod niemi kurz). Praktyczne są płytkie i niezbyt wysokie. Umieszczone w pokoju obok sali do ćwiczeń, służą do

[1]) W razie potrzeby stół ma służyć do obróbki metali na imadłach lub tokarenkach.

[2]) Tak, aby wszelkiego rodzaju imadła, używane w pracowni, dały się swobodnie przykręcać.

Rys. 1. Plan urządzenia pracowni fizycznej i chemicznej.



Skala 1:100

I. Skład na przyrządy fizyczne: 1. zlew, 2. wentylator, 3. szafy, 4. stoły.

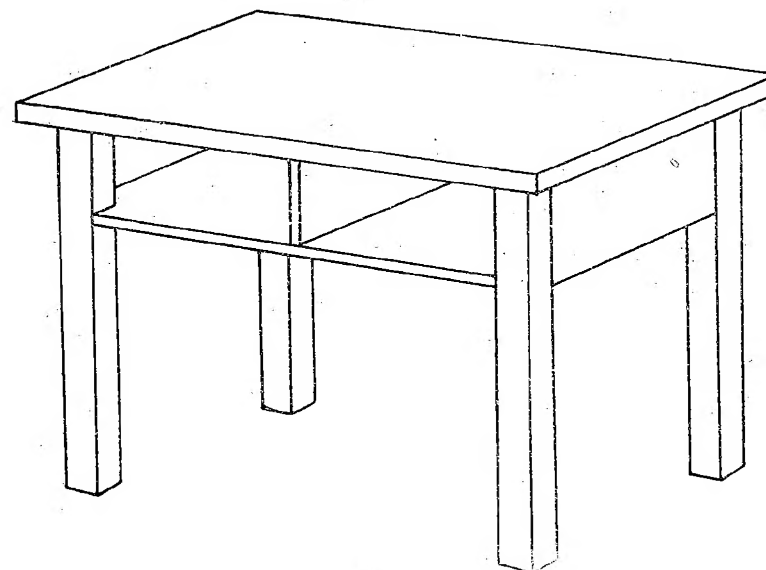
II. Sala fizyczna: 1. zlewy, 2. wentylatory, 3. szafki na wagi i komplety do ćwiczeń, 4. (szafka na wagę analityczną), 5. tablica z ekranem, 6. instalacje (linje przerywane oznaczają rozgałęzienie przewodów gazowych), 7. kran przelotowy (znajduje się w klasie), 8. taborety, 9, stoliki uczniowskie.

III—IV. Pokój przygotowawczy: 1. zlewy, 2. wentylator okienny (ew. nad drzwiami wejściowemi z korytarza), 3. ściana z szaf, 4. szafy, 5. tokarnia, 6. warsztat stolarski, 7. stół warsztatowy.

V. Sala chemiczna: 1. zlewy, 2. wentylatory, 3. szafy, 4. wyciąg, 5. tablica, 6. instalacje (linje przerywane oznaczają rozgałęzienie przewodów gazowych), 7. kran przelotowy (znajduje się w klasie), 8. taborety, 9. stoliki uczniowskie.

VI. Skład materjałów chemicznych: 1. zlew, 2. wentylator, 3. szafy, 4. stoły.

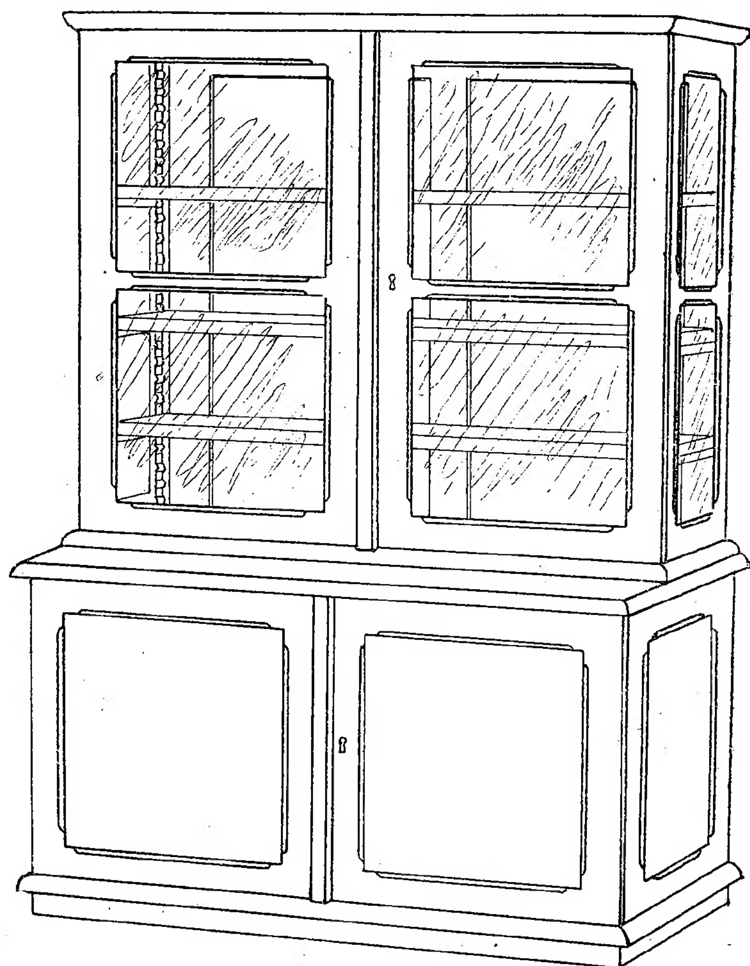
przechowania przeważnie przyrządów do demonstracyj. Wymiary mogą być takie (rys. 3): część dolna (komoda z półką): 0,80 × 1,50 × 0,55; część górna (zdejmowana, oszklona z 3 przestawialnemi półkami): 1,20 × 1,50 × 0,40. W sali chemicznej szafy mogą być węższe (np. 1,1 m), o wysokości również 2 m, w dwóch kondygnacjach, każda po 1 m na wysokość, o głębokościach: dolna 0,40, górna 0,30 m; drzwi przesuwane, nie oszklone. Na planie uwidoczniono nadto ścianę z szaf w pokoju przygotowawczym (na materjały do ćwiczeń, narzędzia



Rys. 2.

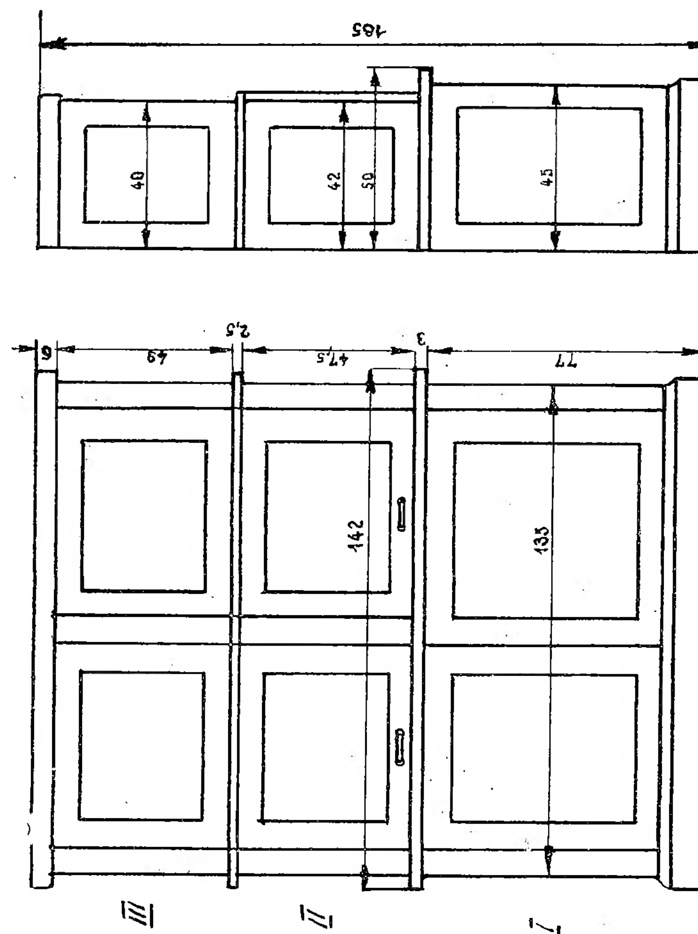
i t. p.), z przesuwanemi drzwiami oszklonemi. Szafy te, o głębokości 50 cm, od strony Nr. IV (rys. 1) mają mieć pełne meblowe ściany, na których można ew. umocować wieszadło.

Ponieważ częste przenoszenie wag jest niepożądane, umieszczono na planie, w sali fizycznej, specjalne *szafki wagowe* (rys. 4). Część I ma drzwi rozsuwane, część II — oszklone, przesuwane do góry, część III — drzwi dwuskrzydłowe. Tylna ściana posiada wycięcie poprzeczne, przez które wchodzi do szafy półka przyścienna, założona na dwóch kątownikach (4 cm); kątowniki są poziomo wmurowane w ścianę. W każdej



Rys. 3.

szafce punkt świetlny (żarówka) nad wagą. Na półkach w ten sposób skonstruowanych (niezależne od podłogi) można umieścić na stałe wagi służące do ćwiczeń i wykonywać ważenie bez wyjmowania wagi z szafy.



Rys. 4.

Jeżeli pracownia rozporządza wagą analityczną, to szafkę z wagą należy ustawić na specjalnej półce (konsoli). Najlepsze są kamienne, wmurowane w ścianę fundamentalną (dla uniknięcia wstrząśnień, szkodliwych przy ważeniach precyzyjnych),

w miejscu posiadającem dobre oświetlenie (światło dzienne z lewej strony, nad wagą punkt świetlny). Półka na planie (rys. 1), o wymiarach: 0,80 × 0,40 × 0,06, na dwóch wspornikach ściennych, od filara okiennego oddalona na 0,1 m, w celu umieszczenia zesuniętej portjery okiennej. Półka powinna być umieszczona na wysokości nieco większej, niż płyty stołów.

Tablica ścienna, o wymiarze poziomym 2,0 m i pionowym 1,0 m, podwójna: jedna zwyczajna, druga pokratkowana w odstępach 5-o centymetrowych, obie koniecznie z linoleum, na bloczkach i linie stalowej do podnoszenia i opuszczania. Rama tablicy w świetle 2,80 × 2,00 × 0,15, w jasnym naturalnym deseniu. Za ramą w części górnej winno być miejsce: 1-o, na nawinięty ekran, 2-o, na podłużne wystawowe lampki w celu górnego oświetlenia tablicy. Obok tablicy (rys. 1, pomiędzy 4 i 5 w II) należy zarezerwować miejsce na tablicę rozdzielczą. W sali chemicznej tablica taka sama, ew. bez ekranu.

Stoły dla nauczyciela, przeznaczone do eksperymentowania, różnią się od stolików uczniowskich większemi wymiarami (długość płyty 3 m, szerokość 0,8 m). Ze względu na znaczne koszty, wypadnie zrezygnować ze stołów do pokazów z fizyki specjalnej konstrukcji (z wanną pneumatyczną etc.). W każdym razie gaz i prąd elektryczny muszą być do stołu doprowadzone. Szuflady w tych stołach są bardzo pożądane.

W pokoju przygotowawczym umieszczamy, oprócz szaf: *tokarnię nożną, warsztat stolarski* (płyta wierzchnia grabowa, grub. do 10 cm), *stół warsztatowy.*

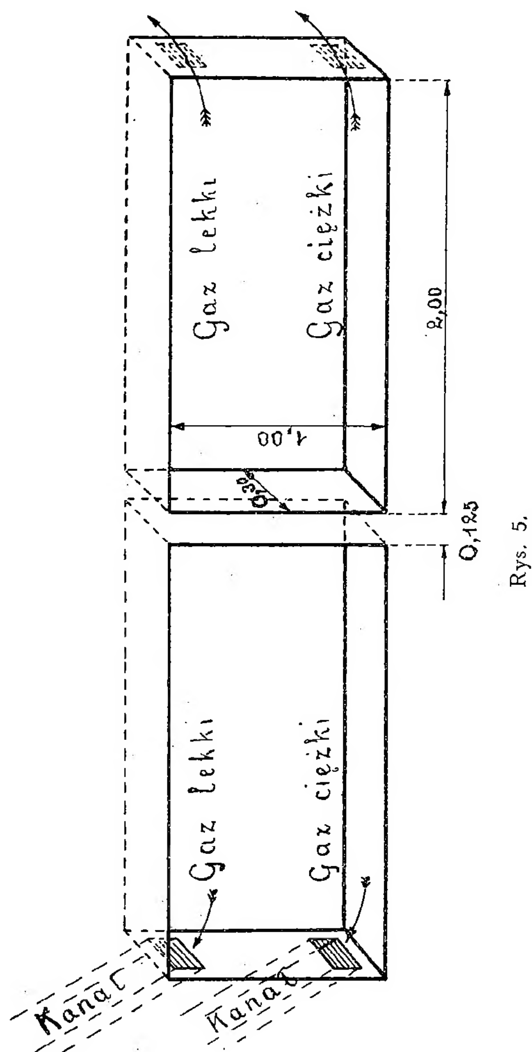
Umeblowanie pracowni uzupełnia kilka *krzeseł.*

Byłoby nadto pożądane umocowanie w sali fizycznej pod sufitem, równolegle do szeregów stolików, mocnych *listew,* służących do zawieszania drutów i t. d. przy ćwiczeniach z zakresu sprężystości (skręcanie, wyciąganie) i wytrzymałości materjałów, oraz do wahadeł.

2. INSTALACJE.

Wyciąg w sali chemicznej, o wymiarach: 2,0 m wys. × 2,0 m szer. × 0,3 m głęb., w dwóch kondygnacjach równej wysokości: dolna o drzwiach pełnych przesuwanych na boki, górna oszklona z przodu, z boków i z góry. Górna przykrywa poziома. Przód podzielony na dwie równe części; każda część ma własną ramę zewnętrzną, tak skonstruowaną, aby w niej, jak w łożysku zewnętrznem, mogła być przesuwana, do góry i w dół, wewnętrzna oszklona rama. Na planie (rys. 1, V 4) umieszczono obok siebie dwie szafy wyciągowe, przyczem pomiędzy wewnętrznemi ścianami obu szaf należy pozostawić odstęp 0,125 m; jest to szerokość podpory, wspierającej sklepienie niszy (4,00 × 0,30 × 1,00). Każda szafa posiada dwa kanały wyciągowe: pierwszy z wylotem w bocznej zewnętrznej ścianie niszy w odległości 10 cm nad powierzchnią półki (gazy ciężkie), drugi w tej samej ścianie niszy w odległości 5 cm od sklepienia niszy (gazy lekkie) (rys. 5) [1]. Dno kanału mieści się o kilka centymetrów niżej niż dolna krawędź otworu kanału; jest to zbiornik tymczasowy dla opadów mechanicznych z kanału, który oczyszcza się podczas rewizyj. Taki rozkład kanałów wyciągowych ma zalety następujące: 1-o, zapobiega powstawaniu prądów powrotnych w jednej szafie, jako też powrotnemu przechodzeniu gazów z jednej szafy do drugiej; 2-o, ułatwia utrzymanie ciepłego powietrza w kanałach dla gazów lekkich (kanały te, przedzielone od siebie cegłą (12,5 cm) łatwo są ogrzewalne, wystarcza bowiem ogrzewać jeden kanał, aby drugi również stał się ciepły). Ogrzewanie kanałów odbywa się z reguły płomieniem gazowym. Otwieranie i zamykanie gazu dokonywa się zapomocą łatwo dostępnych kraników przelotowych. Kanały wychodzą na dach rurami kamionkowemi na kominach; na końcach rur kamionkowych są nasadzone t. zw. strażaki, które sprawiają, że uchodzenie gazów z kanałów niezależy od kierunku wiatru, oraz uniemożliwiają powrót gazu do wnętrza. Zamykanie (zasuwanie) kanałów dokonywa się zapomocą płaskiej dachówki, przesuwanej w łożysku z cegły — pustaka, rozciętej i wmurowanej (rys. 6). Z powodu niszczącego działania gazów żrących, należy co pewien czas sprawdzać szczelność i łatwość otwierania kraników gazowych. Takie działanie gazów zmusza też do pokrycia półki w szafie wyciągowej blachą ołowianą. Mycie naczyń po gazach i płynach żrących należy wykonywać w naczyniach drewnianych pod wyciągiem, (pożądany w szafie

[1]) Można jednak ograniczyć się do jednego kanału wyciągowego z dwoma otworami, zamykanemi przy pomocy zasów; górnym dla gazów lekkich, dolnym dla ciężkich.

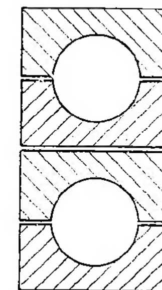


Rys. 5.

wyciągowej kran wodociągowy), opróżniając je następnie *bezpośrednio* do studzienek kanalizacyjnych w podwórzu (nie wolno wylewać do żelaznych rur kanalizacyjnych!) [1]).

---

[1]) Naczynia, przyrządy, rurki kauczukowe i t. p. po gazach trujących



Rys. 6.

Wentylatory niezbędne w każdem pomieszczeniu. Wentylator elektryczny, o średnicy 30 cm, krótko-zwarty, dostosowany do woltażu 120 (ew. 220, 500), osadzony w odległości 15 cm od sufitu. Częste rewizje, szczególnie w sali chemicznej!

Urządzenie do *zasłaniania okien* jest niezbędne w sali fizycznej i w pokoju przygotowawczym. Zasłony mogą być np. z płótna, używanego do pokrywania waliz, zesuwane na boki i na tyle szerokie, żeby pośrodku zachodziły na siebie. Umieszcza się je w ramach drewnianych po wewnętrznej stronie okien.

INSTALACJA WODNA.

Wszystkie części instalacji wodnej (łączniki, kolana, wsporne naśrubki, etc.) muszą być tak urządzone, aby zawsze był możliwy łatwy dostęp do nich w celach rewizyjnych i ochronnych. Każdy *pion wodny* powinien posiadać: 1-o, dwa krany przelotowe do zamykania wody, 2-o, kran spustowy do spuszczania wody. Pierwszy kran przelotowy znajduje się w suterenie, której temperatura nie spada poniżej 1° C, drugi—w pracowni; przy pomocy tego kranu zamykamy wodę na noc. Jeżeli powyżej pomieszczenia możliwe jest zamarzanie wody w rurach, należy w niem umieścić kran czerpalny spustowy; zadaniem kra-

---

i żrących trzeba opróżniać, myć i opłókiwać zaraz po ćwiczeniach (lub pokazach), nie wynosząc mytych przedmiotów z pod wyciągu, przez co zaoszczędza się płucom zanieczyszczonego powietrza.

nu spustowego jest odprowadzenie wody z pracowni czasowo nieopalanej (np. podczas feryj Boż. Nar.). Pożądane jest, aby wyloty kranów czerpalnych w sali ćwiczeń miały powierzchnię karbowaną, w celu mocniejszego osadzenia rur. gumowych dla doświadczeń z hydrostatyki i hydrodynamiki. Rury przepisowe białe, nigdzie nie zamurowane i nie obmurowane, zawsze zaś zlekka (1 — 1,5 cm) od ścian odsadzone.

Zlewy, potrzebne w każdym pokoju, mają konstrukcję następującą. Skrzynia drewniana (0,60 × 0,60 × 0,30), sklejona „na jaskółczy ogon" z deski „półtorówki" (1,5', półtora cala [1]), dokładnie wysłana blachą ołowianą (1 mm) na dnie i na bokach i ustawiona na dwóch wspornikach. Otwór dna przypada nad syfonem kanalizacyjnym odpływowym, przyczem skrzynię z syfonem łączy rura ołowiana. Odległość pomiędzy dnem skrzyni a kranem czerpalnym wynosi 0,5 m. Części drewniane smaruje się dwukrotnie gorącym pokostem; żelazne, po oczyszczeniu od rdzy, maluje się ripolinem (ew. sidorostenem, lub farbą olejną). Styk ściany ze zmywakiem zaprawiony na ¼ — ½ cement, ściana w niszy i sąsiedztwie pomalowana olejno na 1 m; podłogę zabezpiecza linoleum. W salach ćwiczeń zlewy podwójnej długości (1,2 m), z dwoma kranami czerpalnemi. W sali chemicznej piony zlewowe bez ukosów.

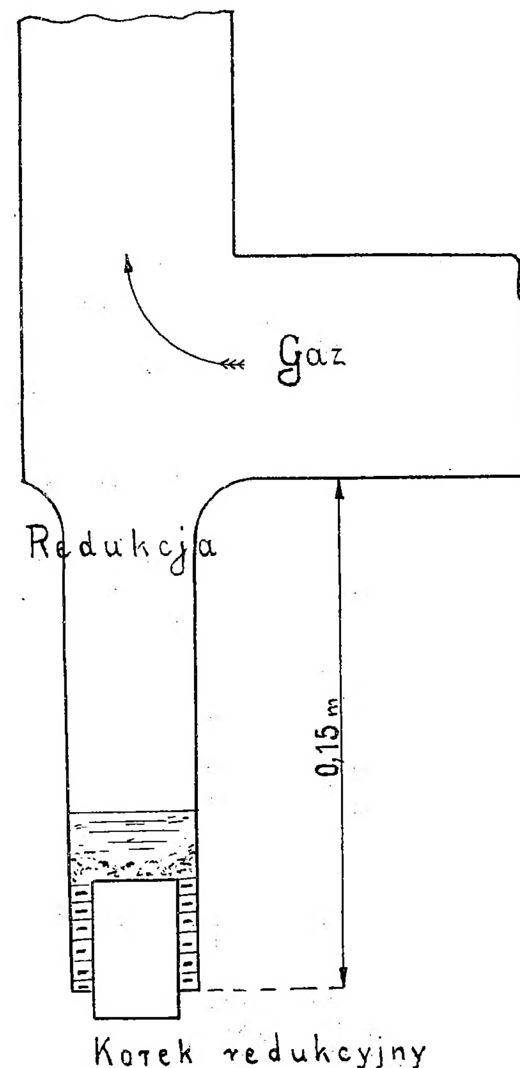
Jeżeli wodociągu niema, umieszcza się w pracowni kilka krytych zbiorników, w których wodę należy często zmieniać. Zbiorniki są zaopatrzone w krany.

INSTALACJA GAZOWA.

Należy powiadomić miejscową gazownię o maksymalnej liczbie czynnych jednocześnie palników, aby tym sposobem ustalić pojemność gazomierza, ew. zapewnić pracowni dostateczne ciśnienie gazu.

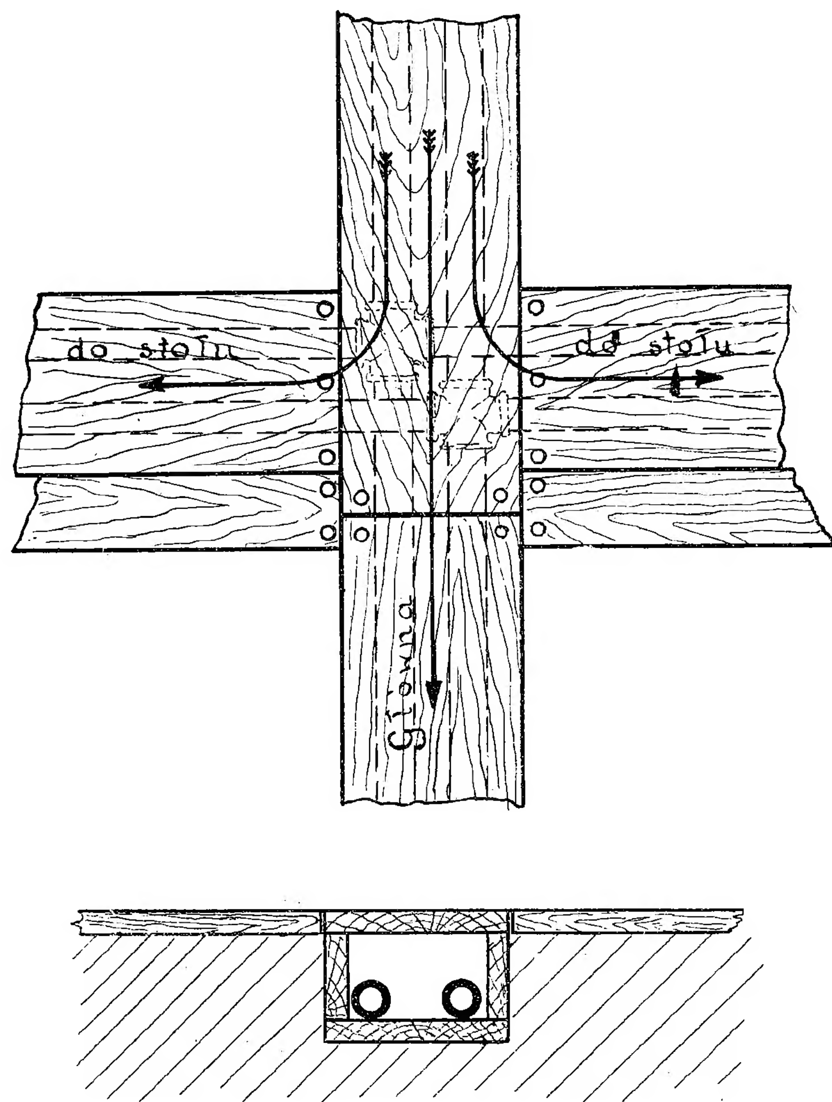
Instalacja gazowa jest powierzchniowa, otwarta i winna być tak wykonana w złączeniach, odgałęzieniach i miejscach zamykania, by możliwa była kontrola szybka i łatwa, bez rujnowania sąsiadujących z przewodem gazowym innych urządzeń.

[1]) Cal angielski (inch) = 2,54 cm.



Rys. 7.

Wszystkie początki dłuższych pionów należy zaopatrzyć w zapasowe korki ochronne do zabierania wody i stałych opadów mechanicznych (rys. 7). Łączenie zapomocą kolan jest dopuszczalne przy krótkich odnogach; przy odnogach dłuższych



Rys. 8, 8a.

należy stosować trójniki z korkiem, a to w celu łatwiejszego czyszczenia rur.

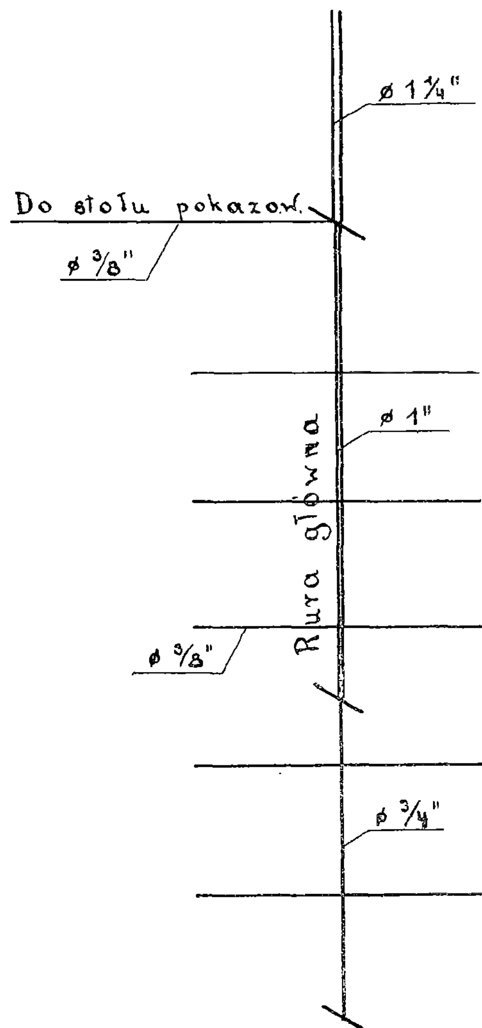
Każde pomieszczenie, posiadające większą liczbę punktów grzejnych, winno mieć kran przelotowy, zamykający jednocześnie dopływ gazu do wszystkich punktów grzejnych. Kran ten mieści się w miejscu widocznem i łatwo dostępnem. Na życzenie można założyć *przed* kranem przelotowym odnogi ($^{3}/_{8}'$) do stołów nauczycielskich w salach ćwiczeń (rys. 1, II i V) oraz do warsztatów (rys. 1, III), niezależne od kranu przelotowego pracowni fizycznej i chemicznej.

Wszystkie *rury gazowe*, a mianowicie zarówno główna pozioma rura, idąca wzdłuż sali, jak też jej odnogi, idące poziomo do stolików uczniowskich, są ulokowane w płytkich korytkach (0,15 $\times$ 0,10) w podłodze, przykrytych pokrywami w poziomie podłogi; pokrywy te w każdej chwili mogą być podniesione, co ułatwia dokonanie rewizji rur. Zarówno korytko główne, jak boczne, mogą być rozmieszczone tak, aby osłaniające je pokrywy nie wyglądały nieestetycznie. (Podłoga nie powinna być posadzkowa, lecz z dłużyc, dobranych odpowiednio do długości i szerokości sali). Przykrywy przymocowuje się do korytek zgrabnie rozmieszczonemi mosiężnemi śrubami o łbach płaskich, wpuszczonych w pokrywy równo z poziomem podłogi; pokrywy mają być tak dobrane, aby się nie różniły od zwykłych desek podłogi (rys. 8, 8a).

Kalibry (średnice wewnętrzne) rur gazowych są następujące. Rura gazowa główna, wchodząca do sali ćwiczeń, ma średnicę $1^{1}/_{4}'$; po pierwszem odgałęzieniu do stołu pokazowego redukuje się na średnicę 1′, zaopatrując w gaz 6 podwójnych palników; po zredukowaniu na $^{3}/_{4}'$ doprowadza gaz do 4 pozostałych palników; każda odnoga bocznicowa, idąca od przewodu centralnego bezpośrednio do palnika, posiada średnicę $^{3}/_{8}'$ (rys. 8b). Kraniki odbiorcze należy umieszczać na środku podłużnej krawędzi stolika uczniowskiego od strony tablicy, w odległości ok. 10 cm od powierzchni stołu i do niej równolegle.

INSTALACJA ELEKTRYCZNA.

Główne zadania instalacji są następujące: a) oświetlenie; b) ładowanie akumulatorów. (Źródłem lokalnego prądu,



Rys. 8b.

używanego do ćwiczeń, jest akumulator lub baterja akumulatorów; każdy stolik ma rozporządzać indywidualnem źródłem prądu, o napięciu 2 — 8 V.). Do oświetlenia potrzebny jest prąd o natężeniu 6 amp., jeżeli woltaż wynosi 110 — 120 V. Do ładowania akumulatorów należy przetworzyć prąd zmienny na prąd stały. (Por. uwagi o ćwiczeniach z elektryczności, A).

Przewodniki muszą być ukryte w rurkach izolujących. Prąd główny wchodzi na sale ćwiczeń (rys. 1, II i V) w przewodniku 1,5 mm² w rurce izolującej Nr. 16. Wszystkie rurki izolujące są wpuszczone w odpowiednie kanaliki muru i obmurowane. Stopniowo, w miarę rozgałęziania prądu i malenia grubości przewodnika, rurki izolujące bierze się cieńsze (Nr. 13, 11). Należy unikać zbyt krętego prowadzenia rurek izolujących, gdyż to utrudnia rewizję przewodników. Natomiast należy stosować odpowiednie pudełka „uniwersalne". Przełączniki i wyłączniki, jako też gniazda do wtyczek, należy umieszczać w murze (kryte). Przełączniki i wyłączniki stosować prawo-lewo-skrętne.

Sala do ćwiczeń z fizyki winna posiadać trzy punkty oświetleniowe na suficie, rozmieszczone równomiernie (2,75 m), po 100 świec w żarówce. Po za tem decyzję co do ilości punktów oświetleniowych należy pozostawić kierownikowi pracowni. Przewody do punktów oświetleniowych na stolikach uczniowskich i na stole pokazowym mają być przeprowadzone w rurkach izolujących, równolegle do rur gazowych. Trzeba przytem uważać, by trójniki i mufy izolujące były nazewnątrz zalane pakiem izolującym, który chroni przewody od zalania wodą.

Schematy instalacyj. Projektując pracownię, należy opracować szczegółowe schematy: instalacji wodnej, gazowej i elektrycznej, dla całego gmachu, jako też dla części gmachu przypadającej na pracownię. Schematy te będą się zmieniały w szczegółach zależnie od warunków lokalnych. Przechowywane u dyrektora, służą do ułatwienia orjentacji w razie uszkodzeń (do znalezienia miejsca uszkodzenia i odpowiedniego zarządzenia naprawy).

3. PRZYRZĄDY.

Każde gimnazjum i seminarjum nauczycielskie powinno dążyć do posiadania przynajmniej po 6 kompletów przyrządów do każdego ćwiczenia [1], obok najważniejszych przyrządów demonstracyjnych, pomocniczych i narzędzi (ob. spisy). Przyrządy do pokazów przechowuje się w szafach składu (rys. 1, I), komplety do ćwiczeń w sali fizycznej, głównie w dolnych częściach szaf wagowych, materjały w pokoju przygotowawczym (rys. 1, III). Drobniejsze komplety umieszcza się w osobnych pudełkach, lub na wspólnych podstawach. Rzeczy drobne, jak rurki gumowe, korki i t. p. przedmioty do ogólnego użytku, które dogodnie jest mieć pod ręką, mogą być przechowywane w szufladach stołu dla nauczyciela w sali ćwiczeń.

O ile przyrządy do ćwiczeń w zakresie propedeutycznym wiele szkół może sporządzać we własnych pracowniach robót ręcznych, albo obstalowywać u miejscowych rzemieślników, wyjątkowo tylko będzie możliwe i celowe wykonywanie w ten sposób niektórych przyrządów do ćwiczeń dla klas wyższych i kursów seminarjalnych. Z zamówieniami przyrządów do ćwiczeń dla klas wyższych, oraz demonstracyjnych, należy się zwracać przedewszystkiem do firm polskich posiadających w kraju własne wytwórnie [2].

Inwentarz (książka inwentarzowa) pracowni powinna być prowadzona starannie. W książce inwentarzowej można notować stałe przyrządów (np. stałą busoli stycznych, masę kalorymetru), wymiary linjowe prostopadłościanków mierzonych przy pomocy suwaka z nonjuszem i t. p.; pożądane są również wszelkie wiadomości o danym przyrządzie, zebrane w ciągu praktyki.

Oprócz inwentarza należy założyć książkę magazynową; zapisujemy do niej — bez numerów — szkło laboratoryjne, materjały i wogóle przedmioty łatwo ulegające zniszczeniu, bądź przeznaczone do zużytkowania. Zapasy tego rodzaju trzeba stale odnawiać i uzupełniać.

[1] Ob. art. o tematach ćwiczeń.

[2] Ministerstwo rozpoczęło akcję w sprawie zainteresowania firm specjalnych krajowych produkcją na większą skalę tych przyrządów, które są lub zostaną uznane za najbardziej odpowiednie dla danego ćwiczenia lub pokazu.

A. SPIS PRZYRZĄDÓW PODSTAWOWYCH ORAZ PRZYRZĄDÓW I PRZEDMIOTÓW POMOCNICZYCH (DO OGÓLNEGO UŻYTKU) [1].

A. 1. Statyw **żelazny**, z **łącznikiem**, **łapą** i **pierścieniem** — 12 sztuk.

2. Palnik **Bunsena** (może być zastąpiony np. przez palnik „Onyx", „Rex" lub lampkę spirytusową) — 8 sztuk.
3. Trójnóg **żelazny** — 8 sztuk.
4. Siatka **azbestowa** — 10 sztuk.
5. Siatka **bez azbestu** — 10 sztuk.
6. Termometr o skali mlecznej od — 20° do + 110° C — 10 sztuk.
7. Termometr o skali mlecznej do + 30° C z podziałką na $^1/_{10}$° (lub $^1/_5$°) — 6 sztuk.
8. Waga (obciążenie do 500 gr., czułość 0,01 gr.), z ławeczką drewnianą i kompletem odważników — 8 sztuk.
9. Waga sprężynowa (sprężyna skalibrowana) — 20 sztuk.
10. Metr nie składany (sztabowy) — 8 szt.; metr składany, taśma **miernicza** — po 2 sztuki.
11. Ekierka (trójkąt), linijka długości 25 — 30 cm z podziałką na ½ mm, krzywik — po 10 sztuk.
12. Suwak z nonjuszem — 6 sztuk.
13. Śruba **mikrometryczna** — 6 sztuk.
14. Pion — 6 sztuk.
15. **Poziomnica** — 6 sztuk.
16. Katetometr — 1 sztuka.
17. Zegarek t. zw. stopper, albo metronom — 1 sztuka.
18. Cylinder **miarowy** (mensurka) o pojemności 100 cm³— — 10 sztuk.
19. Cylinder **miarowy** o pojemności 250 cm³ — 10 sztuk.
20. Cylinder **miarowy** o pojemności 500 cm³ — 2 sztuki.
21. Biureta o pojemności 25 cm³ z podziałką na $^1/_{10}$ cm³, ze ściskaczem Mohra — 8 sztuk.

[1] Spisy poniższe są sporządzone głównie w związku z programem gimnazjalnym; seminarja nauczycielskie otrzymały spisy pomocy naukowych do fizyki i chemji bezpośrednio z Ministerstwa (V.29 r.).

22. Piknometr — 8 sztuk.
23. Areometry do cieczy lżejszych i cięższych od wody, słoje do areometrów — po 2 sztuki.

B. 24. Zlewka o pojemności 50 cm^3 — 10 sztuk.
25. „ „ 100 „ — 10 sztuk.
26. „ „ 150 „ — 20 sztuk.
27. „ „ 250 „ — 10 sztuk.
28. „ „ 350 „ — 2 sztuki.
29. Kolbka „ 100 „ — 10 sztuk.
30. „ „ 150 „ — 20 sztuk.
31. Probówki (większe, mniejsze) — 20 sztuk.
32. Pipeta — 10 sztuk.
33. Lejki (większe, mniejsze) — 20 sztuk.
34. Szkiełko zegarkowe — 10 sztuk.

C. 35. Podstawka drewniana do probówek — 2 sztuki.
36. Dmuchawka szklarska gazowa — 1 sztuka.
37. Mieszek do dmuchawki — 1 sztuka.
38. Komplet świderków do korków — 1 sztuka.
39. Prasa do korków — 1 sztuka.
40. Diament do cięcia szkła — 1 sztuka.
41. Nóż do ostrzenia świdrów — 1 sztuka.
42. Nóż do nacinania rurek szklanych — 1 sztuka.
43. Nóż do cięcia tektury — 3 sztuki.
44. Nożyczki, nożyce do blachy — po 1 sztuce.
45. Kątownica żelazna — 1 sztuka.
46. Deska do krajania tektury — 3 sztuki.

D. 47. Młotek (masa ok. 400 gr.), lekki młoteczek — po 1 sz.
48. Obcęgi (płaskie, krzywe, okrągłe) — po 1 sztuce.
49. Imadło saneczkowe — 1 sztuka.
50. Dłutka (śrubokręty) większe i mniejsze — po 1 sztuce.
51. Ostrze stalowe do wpuszczania śrub — 1 sztuka.
52. Pilniki (przynajmniej: płaski, trójkątny, okrągły) — po 1 sztuce.
53. Gwintownica i gwintowniki (2,5 — 5 mm) — 1 sztuka.
54. Piłka ręczna do drzewa (czopnica średnia) — 1 sztuka.
55. Laubzega (krzywka) z piłeczkami — 1 sztuka.

E. 56. Druty (izolowany np. o średnicy 0,85 mm, nieizolowany żelazny miękki np. o średnicy 0,50 mm) — po ½ kg.
57. Rurki szklane i kauczukowe.
58. Korki zwykłe i gumowe.
59. Sznurki i nici.
60. Tektura, papier bez linij i kratkowany, papier milimetrowy, bibuła.
61. Szpilki, gwoździe, haczyki, pluskiewki.
62. Deseczki, dykta.
63. Blacha cynkowa.
64. Śrut ołowiany i szklany.
65. Rtęć (potrzebne naczynie do rtęci z kranikiem) — 2 kg.
66. Spirytus denaturowany.
67. Próbki różnych ciał (kawałki żelaza, miedzi, wosku, parafiny i t. d.).
68. Podstawki drewniane prostopadłościenne rozmaitych wymiarów.
69. Pudełka z dykty (drewniane), bez przykrywek, na komplety drobniejszych przyrządów lub ich części i na różne materjały.
70. Ściereczki — 12 sztuk.
71. Szczotki do mycia zlewek i probówek — 10 sztuk.
72. Szczotka druciana do metali — 1 sztuka.
73. Płaszcz laboratoryjny — 2 sztuki.

B. SPIS PRZYRZĄDÓW DO DEMONSTRACYJ.

Przyrządy ogólne.

1. * Statywy.
2. Latarnia projekcyjna.
3. Epidiaskop [1]).
4. * Katetometr.

Mechanika.

5. Model nonjusza.
6. * Miarka suwakowa z nonjuszem.

---

[1]) Używany również przy nauczaniu innych przedmiotów (najlepiej byłoby epidiaskop umieścić w osobnej sali z zaciemnianemi oknami).

7. * Śruba mikrometryczna.
8. * Sferometr do 0,01 lub 0,001 mm.
9. Komplety śrub (ostro gwintowane i płaskie).
10. * Pion.
11. * Poziomnica.
12. Waga demonstracyjna.
13. Metronom.
14. * Stopper.
15. Spadkownica Atwooda (bez metronomu).
16. Rama mechaniczna (komplet).
17. Rzutnia do składania ruchów.
18. Dynamometr sportowy w/g Collina.
19. * Rama do składania sił.
20. Dźwignia demonstracyjna.
21. Modele demonstr. środka ciężkości.
22. Stożek biegnący pod górę.
23. * Blok ruchomy i nieruchomy.
24. * Para bloków z imadłem.
25. * Wielokrążek.
26. Klin.
27. Rozwinięcie linji śrubowej.
28. * Równia pochyła.
29. Model wagi dziesiętnej.
30. Waga Roberwalla lub Beranger'a.
31. Waga rzymska.
32. Przyrząd do momentu bezwładności.
33. Wirownica z przyborami.
34. * Wahadło zwyczajne.
35. Wahadło Foucault'a.
36. *Giroskop.*
37. Koło w/g Maxwell'a.

Równowaga płynów.

38. Naczynia połączone.
39. Fontanna.
40. Model poziomnicy.
41. Półkule magdeburskie.
42. Pompa do rozrzedzania.
43. Pompka do zgęszczania powietrza.

44. Deszcz rtęciowy.
45. Baroskop zwykły.
46. * Baroskop do ciśnień w płynie.
47. * Cylinderki do prawa Archimedesa.
48. Barometr metalowy aneroid.
49. Barometr metalowy demonstracyjny.
50. Barometr rtęciowy demonstracyjny.
51. Model prasy wodnej.
52. Przyrząd do wykazania ciśnienia na dno.
53. * Naczynie z odlewem do prawa Archimedesa.
54. * Areometry.
55. Przyrząd do prawa Boyle'a - Mariotte'a.
56. Modele pomp wodnych: ssąca,
    ssąco-tłocząca,
    strażacka podwójna.
57. Naczynie z otworami na różnych poziomach do wykazania, że ciśnienie wzrasta z głębokością.
58. Flaszka Mariotte'a.
59. Młynek Segnera.
60. * Butla do ważenia powietrza i gazów.

Sprężystość.

61. Przyrząd do wykazania sprężystości ciał.
62. Przyrząd do odbicia sprężystego.
63. 4 — 5 metrów węża gumowego (do wytwarzania fal).
64. Antena spiralna.

Ciepło.

65. * *Termometr gazowy.*
66. Termometr gazowy jako dodatek do przyrządu Boyle'a-Mariotte'a.
67. Termometr z potrójną skalą (R. C. F.).
68. Termometr minimum i maximum.
69. Termometr maksymalny lekarski.
70. * Termometr różnicowy do praw promieniowania.
71. Pierścień Gravesanda.
72. Przyrząd Tyndalla (rozszerzalność ciał stałych).
73. Pirometr demonstracyjny.
74. Przyrząd do wykazania maximum gęstości wody przy 4^0.

75. Przyrząd do pokazania rozszerzalności gazów.
76. * Przyrząd do sprawdzenia punktu wrzenia.
77. * Kalorymetr.
78. Ogniwko pneumatyczne.
79. Kociołek Papina.
80. * Przyrząd do wykazania zależności prężności pary od temperatury.
81. Rurka Natterera (z CO_2).
82. Model maszyny parowej.
83. Model motoru 4-taktowego.
84. *Model motoru 2-taktowego.*
85. Przyrząd Tyndalla (ogrzewanie eteru przez tarcie rurki).
86. * Higrometr.
87. Przyrząd Ingenhous'a (przewodnictwo cieplne).
88. Lampa Davy'ego.
89. Naczynie Dewara.
90. Przyrząd do promieniowania (para).

Włoskowatość, osmoza, dyfuzja.

91. Naczynia z rurkami włoskowatemi.
92. * Ramki druciane do doświadczeń z włoskowatością.
93. Przyrząd do osmozy.
94. Przyrząd do dyfuzji gazów.

Głos.

95. Syrena do wirownicy.
96. *Zwierciadło Königa z kapslą.*
97. * Kamerton.
98. Kamerton z ostrym drucikiem do kreślenia linji fal.
99. Para kamertonów do rezonansu.
100. * Przyrząd do pomiaru długości fal głosowych i do pokazania fal stojących. Rura Kundta (albo rura z wodą).
101. Przyrząd do interferencji fal głosowych.
102. Monochord.
103. Kilka piszczałek.
104. *Przyrząd do figur Lissajous'a.*
105. Model krtani.
106. Model ucha.

Światło.

107. * Przyrząd do praw odbicia.
108. * Przyrząd do praw załamania.
109. Tarcza Hartla.
110. Naczynie szklane prostopadłościenne ze wstawką w/g Grimsehla lub Kolbego do prawa załamania.
111. Lampa do rzucania pęków promieni (latarnia projekcyjna).
112. Urządzenie do widma z pryzmatem flintowym.
113. * Siatka dyfrakcyjna.
114. Naczynia szklane (do latarni projekcyjnej).
115. Filtry barwne.
116. Ekran zwykły.
117. Model oka.
118. Luneta astronomiczna.
119. * *Przyrząd do polaryzacji (płytki turmalinowe).*
120. *Szpat islandzki.*
121. Para pryzmatów achromatycznych.
122. Pryzmat à vision directe.
123. Soczewka większą skupiająca.
124. * Fotometr.
125. * Komplet soczewek do zestawienia przyrządów optycznych wraz z pryzmatami porównawczemi.
126. Przyrząd do pierścieni Newtona.
127. Spektroskop.

Elektryczność i magnetyzm.

128. 2 magnesy sztabkowe.
129. Magnes w kształcie podkowy.
130. Busola.
131. Igła magnetyczna na podstawce z ostrzem.
132. Igła inklinacyjna.
133. 2 pręty (pałeczki) szklane i 2 pręty ebonitowe.
134. 2 elektroskopy listkowe.
135. * Elektroskop w osłonie metalowej, z talerzykiem.
136. 2 konduktory na podstawce izolującej (kuliste).
137. Elektrofor.
138. Maszyna influencyjna (Wimshursta).
139. Siatka Faraday'a.
140. * Płytki ze szkła, siarki etc. (do kondensatorów).

141. 2 butelki lejdejskie.
142. Elektrometr Kolbego.
143. Rozbrajacz.
144. Przyrząd do wykazania działania cieplnego rozbrojeń elektrycznych.
145. 2 — 3 rurki Geisslera.
146. Komplet rurek próżniowych o coraz większem rozrzedzeniu.
147. Bańka Crookes'a.
148. Bańka Röntgena.
149. Ekran fluoryzujący.
150. * Akumulatory (pojemność przyn. 24 amp.-godz.).
151. Amperomierz elektromagnetyczny pokazowy (z uwidocznionemi połączeniami).
152. Woltomierz pokazowy (z uwidocznionemi połączeniami).
153. Ogniwa różnych typów (po jednem).
154. * Komutatory.
155. Galwanoskop.
156. Galwanometr o ruchomej cewce.
157. * Opornica regulująca.
158. * Opornica zatyczkowa.
159. * Mostek Wheatstone'a.
160. Lampa łukowa.
161. Ogniwo termoelektryczne.
162. Baterja termoelektryczna linjowa.
163. * Aparat do rozkładu wody.
164. * 3 woltametry miedziowe.
165. * Busola stycznych.
166. Stolik Ampère'a.
167. Model aparatu telegraficznego.
168. Model dynamomaszyny.
169. * Przyrząd do prądów indukcyjnych.
170. Cewka indukcyjna (długość iskry: do 12 cm).
171. Model słuchawki telefonicznej (para).
172. Odbiornik radjowy.
173. *Przyrząd do fal Hertza.*

UWAGI: 1) Przyrządy wyróżnione kursywą — dla szkół typu matem.-przyrodniczego.
2) Przyrządy oznaczone gwiazdką mogą być użyte również do ćwiczeń uczniowskich.

4. BIBLJOTEKA.

A. KSIĄŻKI DLA NAUCZYCIELA (WYBÓR).

W wydawnictwach podanych w spisie poniższym można znaleźć cenne wskazówki dotyczące nauczania fizyki, urządzenia pracowni, w szczególności wzory i materjały do opracowania ćwiczeń. Gwiazdka oznacza dzieła szczególnie pożądane w dziale fizyki w każdej bibljotece gimnazjalnej.

1. * Smoluchowski M. *Fizyka. Poradnik dla samouków,* wydanie nowe, t. II. Warszawa 1917. Dzieło zawiera bibljografję do roku wydania. Ocenę nowszych książek daje S. Ziemecki w pracy p. t. „Bibljoteka podręczna nauczyciela fizyki" („Bibljografja Pedagogiczna" r. IV, z. 2, Warszawa 1924).
2. Ziemecki S. *Urządzenie pracowni fizycznej dla gimnazjum wyższego i prowadzenie w niej ćwiczeń.* („Bibljografja Pedagogiczna", r. II, z. 2, Warszawa 1922).
3. Dmochowski A. *Ćwiczenia z fizyki i chemji w kl. II i III gimn.* Wilno 1928.
4. Michalski W. *Pracownia fizyczna i chemiczna w szkole średniej.* Lwów — Warszawa, Książnica — Atlas 1925.
5. Michalski W. *Przyroda martwa;* część I, zeszyt I; materjał doświadczalny dla nauczyciela. Lwów—Warszawa, Książnica-Atlas 1925.
6. Michalski W. *Przyroda martwa;* część I, zeszyt II; materjał doświadczalny dla nauczyciela. Lwów — Warszawa, Książnica-Atlas 1925.
7. Zillinger W. *Zbiór ćwiczeń i zadań z fizyki.* Cz. I i II. Warszawa 1926 — 29.
8. Gregory R. A. i A. T. Simmons. *Podręcznik do ćwiczeń praktycznych z fizyki.* Warszawa 1923.
9. Schuster A. i K. Lees. *Ćwiczenia praktyczne z fizyki.* Tablice fizyczne. Warszawa 1923.
10. Grimsehl E. *Ausgewählte physikalische Schülerübungen.* Hamburg 1906.
11. Noack K. *Aufgaben für physikalische Schülerübungen,* Berlin 1905.

12. *Hahn H. *Handbuch für physikalische Schülerübungen.* Wyd. 3-e, Berlin 1929. Obszerna bibljografja przedmiotu w językach obcych.
13. *Hahn K. i W. Koch. *Physikalische Schülerübungen.* Wyd. 2-gie. Lipsk 1927.
14. Hahn H. *Wie sind die physikalischen Schülerübungen praktisch zu gestalten?* Berlin 1905.
15. Müller F. C. G. *Technik des physikalischen Unterrichts,* Berlin 1926.
16. Schweidler E. *Praktische Übungen in der Ausführung physikalischer Schulversuche.* Wiedeń i Lipsk 1911.
17. Abraham H. *Recueil d'expériences élémentaires de physique.* Paryż 1904. W wydaniu niemieckiem:
18. Schreber K. u. P. Springmann. *Experimentierende Physik.* Lipsk 1905 — 06, (2 tomy).
19. Grimsehl E. *Didaktik u. Methodik der Physik.* Monachjum 1911.
20. Poske F. *Didaktik des physikalischen Unterrichts.* Lipsk, 1915.
21. *Hahn K. *Methodik des physikalischen Unterrichts.* Lipsk 1927.
22. * *„Fizyka i Chemja w Szkole".* T. I—III, Warszawa 1927—30.
23. *„Zeitschrift für den physikalischen u. chemischen Unterricht".*

Z zakresu nauczania chemji można polecić:

24. Duchowicz B. *Jak urządzić pracownię chemiczną?* Lwów — Warszawa 1924.
25. Scheid. *Methodik und Didaktik der Chemie.*
26. Smith and Hall. *The Teaching of Chemistry and Physics.*

B. KSIĄŻKI DLA UCZNIA.

Przegląd działów.

I. Historja nauk ścisłych oraz życiorysy sławnych uczonych.
II. Fizyka:
   a) książki o charakterze ogólnym;
   b) działy specjalne.

III. Kosmografja.
IV. Chemja.
V. Technika:
   a) elektrotechnika;
   b) radjotechnika;
   c) lotnictwo;
   d) inne działy.
VI. Wynalazki i odkrycia.
VII. Beletrystyka.
VIII. Czasopisma.
IX. Podręczniki.
   1) Fizyka: a) teorja;
      b) ćwiczenia;
      c) zadania rachunkowe.
   2) Kosmografja.
   3) Chemja: a) teorja;
      b) ćwiczenia.

UWAGI: 1) Gwiazdka oznacza książki na poziomie bardziej elementarnym.
2) Wykaz obejmuje również książki trudniejsze, które mogłyby być czytane z pomocą nauczyciela, np. na zebraniach kółka fizycznego.

I. Historja nauk ścisłych oraz życiorysy sławnych uczonych.

Boguski J. J. *Z dziejów nauki.* Warszawa 1880.
Brzozowski St. *Jędrzej Śniadecki, jego życie i dzieła.* Warszawa, (Arct) 1904.
Centnerszwer M. *Szkice z historji chemji.* Warszawa, (Wende) 1909.
Duhem P. *Ewolucja mechaniki.* Warszawa (wyd. „Wiadomości Matemat.") 1904.
Grotowski M. *Michał Faraday, jego życie i dzieło.* Poznań, (Księg. Św. Wojciecha) 1928.
Grotowski M., St. Landau-Ziemecki, M. Sadzewiczowa i W. Werner. *Z dziejów rozwoju fizyki.* Wypisy z dzieł oryginalnych. Warszawa, (Wende) 1913—1914 (2 t.).
Krassowski J. *Mikołaj Kopernik.* Warszawa, (Wende).

Kucharzewski F. *Mechanika w swym rozwoju historycznym.* Warszawa, (Bibljoteka Polska) 1924.

Lebon E. *Krótki zarys dziejów astronomji.* Warszawa, (Wende) 1903.

Merczyng H. *Mikołaj Kopernik.* Petersburg, (Grendyszyński) 1898.

Ostwald W. *Jak powstała chemja.* Lwów, (Altenberg) 1910.

Röntgen W. K. *O nowym rodzaju promieni.* Warszawa 1896.

Skłodowska-Curie M. *Piotr Curie.* (Kom. Daru Narod.). Warszawa 1926.

Smoluchowski M. *Lord Kelvin.* Lwów, (Odbitka z „Ateneum Polskiego") 1908.

Świderski. *Mikołaj Kopernik.* Warsz., (Ostaszewska) 1916.

Świeżawski L. *Jan Śniadecki.* Petersburg, (Grendyszyński) 1898.

— *Jędrzej Śniadecki.* Petersburg, (Grendyszyński) 1900.

Dzieje myśli. Zarys rozwoju historji nauk. Warszawa, (Księg. Naukowa) 1907 — 11. (Tom I, zesz. 1 — 2).

Mikołaj Kopernik. Księga zbiorowa. Lwów—Warszawa, (Książnica Polska) 1924.

II. Fizyka.

a) Książki o charakterze ogólnym.

*Bouffałł St. *Krótki rys fizyki* (4 małe tomy). Warszawa, (Arct) 1904.

Boutroux E. *Pojęcie prawa przyrody.* Warszawa, (Wende) 1902.

Huxley T. H. *Wstęp do nauk przyrodniczych.* Warszawa 1884.

Kramsztyk St. *Wybór pism.* Warszawa, (Rubiszewski i Wrotowski) 1909.

* — *Opowiadania z niwy naukowej dla młodych przyjaciół.* Warszawa, (Wende) 1905.

* — *Wiadomości początkowe z fizyki.* Warszawa — Lwów, (Wende) 1916 (2 małe tomy).

* — *W naturze nic nie ginie.* Warszawa, (Druk. Kowalewskiego) 1900.

Lorentz H. A. *Poglądy i teorje fizyki współczesnej.* (Ruchy widoczne i niewidoczne). Warszawa, (Wende) 1904.

Natanson Wł. *Oblicze Natury.* Kraków, (Kr. Sp. Wyd.) 1924.

— *Porządek Natury.* Kraków, (Kr. Sp. Wyd.) 1928.

*Nussbaumowa R. i H. Silberstein. *Siły przyrody.* Warszawa, (Olszewski) 1894.

*Sadzewiczowa M. *Lądem, wodą i powietrzem.* Poznań, (Księgarnia Św. Wojciecha) 1929.

* — *Słońce.* Poznań, (Księg. Św. Wojciecha) 1929.

Silberstein L. *Wykłady zakopiańskie z fizyki.* Warszawa, (Tow. Wyd.).

Smoluchowski M. *Pisma.* Kraków, (Nakł. Pol. Ak. Umiejętności). Tom III-ci. (Odczyty i szkice) 1928.

— *Dzisiejszy stan teorji atomistycznej.* Lwów, („Kosmos" t. XXXVIII) 1913.

— *Ewolucja teorji atomistycznej.* Kraków. (Nakł. Akad. Umiejętności) 1911.

— *Fizyka.* Poradnik dla samouków. Warszawa, (Kasa im. Mianowskiego) 1917, t. II.

— *O pojęciu przypadku i pochodzeniu praw fizyki opartych na prawdopodobieństwie.* Warszawa, („Wiadom. Matemat." t. XXVII) 1923.

— *Zarys najnowszych postępów fizyki.* Lwów, („Muzeum") 1907.

Z filozofji nauk przyrodniczych. Sześć wykładów. Warszawa, (Wende) 1904. (Praca zbiorowa).

b) Działy specjalne.

α) Promieniotwórczość i budowa materji.

Białobrzeski Cz. *Budowa atomu i pojęcie materji w fizyce współczesnej.* Kraków, (Sp. Wydawnicza) 1921.

— *Rozwój pojęć o budowie atomu.* Warszawa, (Wende) 1915.

Biernacki W. *Nowe dziedziny widma.* Warszawa, („Bibl. Dzieł Wybor.") 1898.

Boutaric A. *Życie atomów.* Lwów, (Państw. Wyd. Kurat. Okr. Szk.) 1927.

Bruner L. *Ewolucja materji.* Zarys nauki o promieniotwórczości. Warszawa 1909.

Bruner L. *O ciałach promieniotwórczych.* Warszawa, (Wende) 1914.
Fuchs Z. *Budowa materji w świetle badań nowoczesnych.* Lwów — Warszawa, (Książnica Pol.) 1923.
Gałecki A. *Budowa materji.* Poznań, (Fiszer) 1926.
— *Świat atomów.* Warszawa, (Trzaska, Evert i Mich.) 1923.
Jabłczyński K. *Pierwiastki promieniotwórcze.* Warszawa, (Wende) 1923.
Lepape A. *Nieciągłość i jedność materji.* Obecny stan nauki o atomach i ich budowie. („Roczniki Chemji", t. II). Warszawa 1922.
Malec St. *Harce elektronów.* Warszawa — Lwów, (Książnica-Atlas) 1929.
Mutermilch W. *O materji promieniotwórczej.* Warszawa, (Ksiąg. Naukowa) 1904.
Skłodowska-Curie M. *Jak powstał i jak się rozwija instytut radowy w Paryżu.* Warszawa, (Komitet Daru Narodowego, Książnica-Atlas) 1925.
— *Dwa odczyty.* Warszawa, (Kom. Daru Nar., Książnica-Atlas) 1926.
— *O nowych ciałach promieniotwórczych.* 1901.
— *Badania ciał radjoaktywnych.* 1904.
Stark J. *Rozkład i zmienność atomów chemicznych.* Warszawa, (Wende) 1904.
Tołłoczko. *Co to są elektrony.* Warszawa, (Wende) 1905.
Wertenstein. *25 lat promieniotwórczości.* Warszawa, (Kom. Daru Narod., Książnica-Atlas) 1925.
Wiśniowski F. *Budowa atomów.* Warszawa 1918.

β) Teorja względności.

Białobrzeski Cz. *Wykłady o teorji względności.* Warszawa, (Trzaska) 1923.
Einstein A. *O szczególnej i ogólnej teorji względności.* Lwów — Warszawa, (Książnica-Pol. T. N. S. W.) 1921.
Huber M. T. *Czas, przestrzeń, materja i kosmos w świetle Einsteinowskiej teorji względności.* Lwów, („Kosmos", t. XLVI) 1921.
— *Rola teorji względności w ewolucji fundamentalnych pojęć mechaniki.* Lwów, (Tow. Naukowe) 1925.

Loria St. *Względność i grawitacja.* Teorja A. Einsteina. Lwów, (Altenberg) 1921.
Winawer Br. *Jeszcze o Einsteinie.* Warszawa, (Składnica Pom. Szkolnych).
Zaremba St. *Teorja względności wobec faktów stwierdzonych doświadczeniem i spostrzeżeniem.* Kraków 1922.

γ) Inne działy.

*Bernstein A. *O prędkości światła.* Warszawa, (Arct) 1904.
Bouffałł St. *Nauka mechaniki.* Warszawa, Kasa im. Mianowskiego) 1916.
— *Powietrze.* Warszawa, (Arct) 1902.
— *Zasady mechaniki jako wstęp do nauki fizyki.* Warszawa, (Arct) 1903.
Boys C. V. *Bańki mydlane.* Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1894.
Campbell N. R. *Zasady elektryczności.* Warszawa, (Wende) 1913.
Ernst M. *Energja słońca.* Lwów, (Altenberg).
Faraday M. *Dzieje świecy.* Poznań, (Księg. Św. Wojciecha).
Graetz L. *Elektryczność.* Teorja i zastosowanie. Warszawa, (Arct) 1908.
Helmholtz H. *Fizjologiczne przyczyny muzycznej harmonji.* Warszawa, (Por. dla czyt. książki) 1902.
Kalinowski St. i Z. Kalinowska. *Magnetyzm ziemski.* Poznań 1929.
Kramsztyk St. *Ostatni z nieważników (Eter).* Warszawa, (Druk. Kowalewskiego) 1897.
Loria S. *Eter i materja.* Lwów, (Altenberg) 1921.
Mach E. *O widzeniu, o symetrji.* Warszawa, (Arct) 1902.
— *Odczyty popularno-naukowe.* Łódź, (Wyd. „Przeglądu Filozoficznego") 1899.
Maxwell J. Clerk. *Materja i ruch.* Warszawa, (Wende) 1915.
Natanson Wł. *O temperaturze.* Warszawa, („Wszechświat") 1892.
Perry J. *Bąki.* Warszawa — Lwów, (Wende) 1910.
Piotrowski T. *Nauka o pogodzie.* Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1923.

*R u d n i c k a Z. *O cieple.* Warszawa, (Arct).
* — *O świetle.* Warszawa, (Arct).
*S p r o c k h o f f A. *Fizyka w dziedzinie życia codziennego.* Warszawa, (Arct) 1906.
T y n d a l l J. *6 wykładów o świetle, wygł. w Stanach Zjednoczonych w r. 1872 — 73.* Warszawa, (Druk. Kowalewskiego) 1899.
— *Woda, jej kształty i przeobrażenia.* Warszawa, (Spół. Wyd.) 1879.
— *Ciepło jako rodzaj ruchu.* Kraków 1873.
*U m i ń s k i W ł. *Pioruny i błyskawice.* Warszawa, (Arct) 1897.
W i t k o w s k i A. *O temperaturze i termometrach.* Lwów, („Kosmos") 1880.
— *Z dziedziny niskich temperatur.* Warszawa, (Wende) 1914.
Odczyty o powietrzu. (Praca zbiorowa). Kraków, (Polskie Tow. im. Kopernika) 1901.

III. K o s m o g r a f j a.

A r r h e n i u s S. *Jak powstają światy.* Warsz., (Wende) 1925.
— *Losy planet.* Warszawa, (Wende) 1914.
*B u c z y ń s k i M. *O kometach.* Warszawa, (Księgarnia Polska) 1918.
* — *O zaćmieniach.* Warszawa, (Księgarnia Polska) 1917.
B u r d e c k i F. *Budowa wszechświata.* Warszawa, (Książnica-Atlas) 1929.
— *Podróże międzyplanetarne.* Warszawa, (Książnica-Atlas) 1929.
E r n s t M. *Budowa świata.* Warszawa, (Wende) 1910.
— *Energja słońca.* Lwów, (H. Altenberg).
* — *O kometach. Lwów,* (Macierz Polska) 1910.
— *O końcu świata i kometach.* Warszawa, („Biblj. Dzieł Wybor.") 1910.
— *Planety i warunki życia na nich.* Warszawa, (Fiszer) 1913.
F l a m m a r i o n. *Niebo.* Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1907.
— *Światy nieznane.* Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1904.
*H e i l p e r n M. *Co to są komety i czem nam grożą?* Warszawa, (Arct) 1910.

*H e i l p e r n M. *Jak rozpoznać na niebie ważniejsze gwiazdozbiory?* Warszawa, (Artc) 1911.
* — *Księżyc.* Warszawa, (Arct) 1916.
* — *O ziemi, słońcu, księżycu i gwiazdach.* Warszawa, (Gebethner i Wolff).
*K r a m s z t y k S. *Czego nas Kopernik o obrotach ziemi nauczył.* Warszawa, (Wende) 1890.
* — *Komety.* Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1899.
* — *O postaci i ciężarze ziemi.* Warszawa, (Spółka Naukowa) 1895.
* — *Ziemia i niebo.* Warszawa, (Arct) 1898.
*K r ó l i ń s k i. *Wstrzymał słońce, wzruszył ziemię.* Warszawa, (Księgarnia Polska) 1923.
*L o c k y e r J. N o r m a n. *Pierwsze początki astronomji.* Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1894.
M e y e r M. *O końcu świata.* Kraków, („Życie") 1911.
— *W państwie gwiazd.* Warszawa, (Paprocki) 1889.
N e w c o m b. *Astronomja.* Warszawa, ((Centnerszwer) 1912.
*R ó ż y c k i F. *Geografja astronomiczna.* Warszawa 1924.
R u d z k i M. P. *Gwiazdy.* Kraków, (Akad. Umiej.).
T o ł w i ń s k i G. *O ziemi i słońcu.* Warszawa, (Arct).
T r z c i ń s k i T. *Jak się orjentować na niebie.* Warszawa, (Arct) 1902.
*U m i ń s k i W ł. *O słońcu.* Warszawa, (Księg. Polska) 1907.
* — *Wycieczka na księżyc.* Warszawa 1907.
Z a l e s k i B. *Budowa wszechświata.* Poznań, (Fiszer) 1926.
— *O kataklizmach kosmicznych.* Poznań 1926.

IV. C h e m j a.

B a u e r - G r a b o w s k i. *Zjawiska chemiczne w przyrodzie.* Warszawa 1904.
B e r m a n. *Składniki powietrza.* Warszawa, (K. Trepte) 1922.
B e r n s t e i n A. *O siłach chemicznych (jako wstęp do chemji).* Warszawa, (Arct) 1902.
*B r u n e r L. *Młody chemik.* Warszawa, (Arct).
— *Pojęcia i teorje chemji.* Warszawa, (Bibljoteka Naukowa) 1905.

Centnerszwer M. *Teorja jonów i jej rozwój*. Warszawa, 1902.
*Duchowicz B. *Powietrze*. Lwów, (Macierz Polska) 1908.
Gałecki A. *Laboratorjum chemiczne dawniej a dzisiaj*. Poznań, (Fiszer) 1926.
— *Życie materji nieożywionej w pewnych jej stanach*. Poznań, (Fiszer) 1926.
*Harabaszewski J. *Woda*. Poznań, (Księg. Św. Wojciecha) 1928.
*Jabłczyński K. *Doświadczenia z chemji w życiu codziennem*. Warszawa, (Arct) 1911.
Korczyński A. *Synteza organiczna w pracowni chemicznej i w przyrodzie*. Poznań, (Fiszer) 1926.
Kwiatkowski C. *Węgiel kamienny jako surowiec chemiczny*. Lwów, („Inst. Bad. Nauk. i Techn.") 1921.
Lassar-Cohn. *Chemja życia codziennego*. Warszawa, („Bibl. Dzieł Wybor.") 1900.
*Martin E. A. *Historja kawałka węgla*. Warszawa, (Fiszer) 1900.
*Ostwald W. *Młyn życia*. Warszawa 1913.
Ramsay W. *Chemja nowoczesna*. Warszawa, (Wende) 1913.
*Joteyko-Rudnicka Z. *Fosfor, jego własności, otrzymywanie i pożytki*. Warszawa 1918. Wyd. 3-cie.
* — *Krzem, jego własności, związki i pożytki*. Warszawa 1917. Wyd. 2-gie.
* — *Siarka, jej własności, otrzymywanie i pożytki*. Warszawa 1916. Wyd. 2-gie.
* — *Węgiel, jego odmiany, własności i pożytki*. Warszawa 1916. Wyd. 2-gie.
Sioma Józef. *O złocie w przyrodzie*. Warszawa 1902.
Tołłoczko S. *Rzut oka na powstanie i rozwój elektrochemji współczesnej*. Warszawa 1906.

Gazy trujące i materjały wybuchowe.

Bartel. *Broń chemiczna*. Warszawa, (Księg. Wojskowa) 1928.
Małyszko. *Wojna chemiczna*. Warszawa, (Księg. Wojskowa) 1924.
Micewicz. *Chemja materjałów wybuchowych*. Warszawa, (Inst. Wojsk. Nauk.-Wyd.) 1926.

Mouren K. *Chemja i wojna*. Nauka i przyszłość. Warszawa, (Inst. Wojsk. Nauk. Wyd.) 1923.
Sianożęcki. *Wojna chemiczna a obrona kraju*. Warszawa, (Kom. Obrony Pow. Państwa) 1923.

V. Technika.

a) Elektrotechnika.

Gałecki A. *Piorunochrony budynkowe*. Warszawa, (Stow. Prac. Księgarskich) 1925.
Gnoiński K. *Elektryczność w gospodarstwie wiejskiem*. Warszawa, (Arct).
— *Jak należy oświetlać mieszkanie*. Warszawa 1925.
— *Oświetlenie pomieszczeń szkolnych*.
Grotowski M. *Grzejniki elektryczne*. Cieszyn, (Kotula).
Podoski. *Koleje elektryczne*. Cieszyn, (Drukarnia Polska) 1923.
Pożaryski M. *Przystępna elektrotechnika prądów silnych*. Warszawa, (Lisowska) 1925.
Rosenberg E. *Elektrotechnika prądu silnego*. Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1911. Wyd. 2-gie.
*Rudnicka Z. *Jakie pożytki mamy z elektryczności*. Warszawa, (Arct) 1920.
Straszewicz Z. *Światło elektryczne*. Warszawa, (Nakł. Wawelberga) 1898.

b) Radjotechnika.

Burzyński S. *Odbiorniki kryształkowe*. Warszawa, (Arct).
— *Odbiorniki lampowe i wzmacniacze*. Warszawa, (Arct).
— *Mapa radjofoniczna*. Warszawa, (Arct).
— *Podstawy radjotechniki*. Warszawa, (Arct) 1927.
— *Radjoencyklopedja*. Warszawa, (Arct).
Hensel M. *Tani odbiornik wakacyjny podróżny i wycieczkowy*. Warszawa, (Arct) 1926.
Jankowski Wł. *Podręcznik radjoamatora*. Lwów, (Ossol.) 1928.
Jeżewski M. *Radjoodbiorniki lampowe*. Warszawa, (Arct) 1926.

Jeżewski M. *Radjotelefonja i radjotelegrafja.* Warszawa, (Arct) 1927. Wyd. 3-cie.
Kapitaniak L. *Jak odbierać fale od 20 — 2000 m.* Warszawa, (Arct) 1929.
Kopeczny F. *Zbiór przepisów o radjofonji.* Warszawa, (Polskie Radjo) 1929.
Machcewicz J. *Radjotelegrafja i radjotelefonja.* Warszawa, (Lisowska) 1922.
Malarski T. *O radjotelegrafji.* Lwów — Warszawa, (Książnica Polska) 1923.
— *Prądy termoelektronowe.* (Lampy katodowe). Lwów — Warszawa, (Książnica Polska) 1924.
Manczarski. *Jednolampowy aparat radjoodbiorczy.* Warsz.
Niemczyński W. *Budowa odbiorników i wzmacniaczy kryształkowych i lampowych.* Warszawa, (Arct) 1927.
— *Lampy elektronowe.* Warszawa, (Arct) 1927.
— *Odbiornik refleksyjny jednolampowy.* Warszawa (Arct) 1927.
— *Radjotechnika dla wszystkich.* Warszawa, (Arct) 1927.
— *Źródła prądu dla odbiorników lampowych.* Warszawa, 1927.
Noworolski St. *Zasady radjofonji.* Warszawa, (Arct) 1928.
Stamm E. *Komunikacja radjotelegraficzna.* Lwów, (H. Altenberg) 1924.
Szczęsny W. *Ogniwa elektryczne.* Warszawa 1928.
— *Pierwsza książka radjoamatora.* Warszawa, (Poradnia radjotechniczna) 1927.
Wilkosz W. *Fultograf i fultografja.* Kraków, Klub Fultograficzny) 1929.

c) Lotnictwo.

Abżółtowski S. i J. Szczerski. *Czy potrzebne nam lotnictwo?* Lwów — Warszawa, (Książnica-Atlas) 1925. Wyd. 3-cie.
— *Lotnictwo w wojnie współczesnej.* Warszawa, (L. O. P. P.).
Czerwiński S. *Jak można latać bez silnika.* (Nakł. Kom. Pow. L. O. P. P. w Kowlu) 1926.
Garczyński T. *O władzę nad błękitami.* Warszawa, (L. O. P. P.).

Majewski W. *Apel.* Warszawa, (Koziański) 1924.
Mokrzycki. *Teorja i budowa płatowców.* (L. O. P. P.).
Samowski S. *Żegluga powietrzna.* Warszawa, (Księgarnia Wojskowa) 1922.
Sujdelski S. *Budowa płatowców.* Cieszyn, (B. Kotula) 1923.
Tułacz P. *Lot żaglowy i aparaty żaglowe.* Warszawa, (Wojsk. Inst. Nauk. - Wyd.) 1923.
Woyna W. *Modelarstwo lotnicze.* Warszawa, (L. O. P. P.) 1925.
Zych-Płodowski. *O budowie płatowców.* Warszawa, Wojsk. Inst. Nauk. - Wyd.).

d) Inne działy techniki.

Anczyc. *Techniczne stopy metali.* Lwów, (Gubrynowicz).
*Brzeziński M. *Pogadanki z dziedziny przyrody i przemysłu.* Warszawa, (Arct) 1917.
* — *Maszyny parowe i koleje żelazne.* Warszawa, (Księgarnia Polska) 1918.
*Bruchnalski. *Opowiadania i obrazki z technologji żelaza.* Lwów, (Tow. Pedagogiczne) 1898.
Cichocki W. *Papiernictwo.* Warszawa, (Łazarkowski) 1922.
Dominikiewicz. *Farbiarstwo.* Łódź, (Fiszer) 1925.
— *Sucha destylacja drzewa.* Warszawa, (Wende).
— *Wyrób mydła.* Łódź, (Fiszer) 1922.
*Dyakowski B. *Szkło i wyroby szklane.* Warszawa, (Księg. Polska Sikorskiej) 1909.
Hopfinger. *Przemysł naftowy.* Warszawa, (Księgarnia Naukowa) 1923.
Kwiatkowski E. *Zagadnienie przemysłu chemicznego.* Lwów, (Nakł. Chem. Inst. Badawczego) 1923.
Leski I. *Glina i wyroby z niej.* 1902.
Lubiński Z. *Krótki rys fabrykacji cukru.* Warszawa 1833.
Łubkowski K. *Praktyczne wskazówki co do oszczędzania opału w piecach i kuchni.* Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1914.
Niemczyński. *Podręcznik fotografji.* Warszawa, (Trzaska) 1927.
Polzenjusz F. *Farby i materjały używane w malarstwie.* Warszawa 1912.

Porębski. *Motory i ich obsługa.* Lwów, (Altenberg).
Śliwiński T. *Przemysł chemiczny w Polsce.* 1923.
Tuszyński A. *Samochód nowoczesny.* Warszawa, (Trzaska) 1927.
*Umiński Wł. *Cuda przemysłu.* Warszawa, (Borkowski) 1898.
* — *O węglu kamiennym.* Warszawa 1920.
* — *Ogień na usługach człowieka.* Warszawa 1920.
Wallmoden K. *Silniki samochodowe i ich oliwienie i chłodzenie.* Warszawa, (Księg. Wojskowa) 1926.
— *Karburatory samochodowe.* Warszawa, (Księg. Wojskowa) 1926.
Bibljoteka Przyrody i Techniki. Pod red. B. Fulińskiego. Lwów—Warszawa, (Książnica - Atlas).
Samouczek Techniczny. Cieszyn, (Kotula).

VI. Wynalazki i odkrycia.

Fournier d'Albe (prz. St. Zabielski). *Cuda fizyki.* Warszawa — Lwów, (Książnica - Atlas) 1929.
*Heilpern M. *Co to jest kinematograf.* Warszawa, (Arct) 1909.
*Lewicka A. *O wynalazkach z przed lat tysięcy.* Warszawa. (Wende) 1925.
*Linel P. *Pierwsze pomysły wielkiego wynalazcy.* (Edison). Poznań, (Księg. Św. Wojciecha) 1928.
Porębski E. *Cuda techniki.* Warszawa, (Arct) 1929.
Winawer B. *Boczna antena.* Warszawa, („Bibl. Groszowa") 1926.

VII. Beletrystyka.

*Barszczewski S. *W osiem dni dookoła świata.* Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1927.
*Czyżowski K. A. *Szalony lotnik.* Lwów — Warszawa, (Książnica - Atlas) 1925.
*Dąbrowa J. M. *Telewizor Orkisza.* Warszawa, (Książnica-Atlas) 1929.

*Gadomska M. Skalecka. *Królewska kąpiel.* Warszawa, (Zakłady Graficzne „Polska Zjednoczona"), Bibl. Książek Różowych Nr. 27.
*Umiński Wł. *Na drugą planetę.* Warszawa, (Gebethner i Wolff).
*Verne J. *Podróż naokoło świata w 80 dni.* Warszawa, (Argus) 1923.
* — *W pogoni za meteorem.* Poznań, (Księg. Św. Wojciecha).
* — *Tajemniczy pilot.* Poznań, (Księg. Św. Wojciecha).
* — *Naokoło księżyca.* Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1909.
* — *20.000 mil podmorskiej żeglugi.* Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1929.
*Wells H. G. *Pierwsi ludzie na księżycu.* Poznań, (Księg. Św. Wojciecha).

VIII. Czasopisma.

Czasopismo Przyrodnicze. Łódź.
Lot Polski. Warszawa.
Młody Lotnik. Warszawa.
Przyroda i Technika. Lwów — Warszawa, Książnica-Atlas.
Radjo - Amator. Warszawa.
Radjo dla Wszystkich. Warszawa.
Radjofon Polski. Warszawa.
Uranja. Czasop. Tow. Miłośników Astronomji. Warszawa.
Wiedza i Życie. Warszawa. Wyd. Związ. Naucz. Szkół Powszech.
Wszechświat. Warszawa.
Wynalazki i Odkrycia. Warszawa.
Je sais tout, La Science et la Vie, Science and Invention.

IX. Podręczniki.

1. *Fizyka.*

a) Teorja.

Kalinowski St. *Fizyka.* Warszawa, (Arct) 1925 — 29 (3 tomy).
— *Nauka fizyki.* Podręcznik dla szkół humanistycznych. Warszawa, (Arct) 1925.
*Koziński L. i S. Moycho. *Fizyka i chemja.* Warsz. 1922.

*Natanson Wł. *Wiadomości z nauki fizyki.* Lwów, (Ossol.) 1913.

Natanson Wł. i K. Zakrzewski. *Nauka fizyki.* Warsz., (Gebethner i Wolff) 1926 (3 tomy).

Witkowski A. *Zasady fizyki.* Warszawa, (Wende). Tom I (wyd. 5-te) 1929, t. II 1908, t. III 1912.

Witkowski A. i K. Zakrzewski. *Zarys fizyki.* Lwów — Warszawa, (Ossol.) 1926. Wyd. 3-cie.

b) Ćwiczenia.

*Arlitewicz Z. i in. *Propedeutyka fizyki i chemji.* Warszawa 1910.

*Czystowski J. i M. Kowalewski. *Ćwiczenia samodzielne z fizyki.* Warszawa, (Arct) 1928 — 9.

*Dmochowski A. *Ćwiczenia z fizyki i chemji.* Wilno 1928.

*Gregory R. A. i A. T. Simmons. *Podręcznik do ćwiczeń praktycznych z fizyki.* Warszawa, (Kasa im. Mianowskiego) 1923. Wyd. 2-gie.

*Hallaunbrenner M. *Ćwiczenia praktyczne z fizyki w szkole średniej. Optyka.* Warsz.-Lwów, (Książnica-Atlas) 1930.

*Kramsztyk St. *Doświadczenia fizyczne bez przyrządów.* Warszawa, (Wende) 1904. Wyd. 2-gie.

*Tissandier G. *Rozrywki naukowe.* (Fizyka i chemja bez przyrządów). Warszawa, (Fiszer) 1910.

*Zillinger W. *Zbiór ćwiczeń i zadań z fizyki.* Warszawa, (Książnica-Atlas) 1926 — 29 (2 części).

c) Zadania rachunkowe.

Guthke B. i S. Krajewski. *Zbiór zadań z fizyki.* Łódź, (Arct) 1927. Wyd. 3-cie.

Gutkowski T. *Zadania z fizyki i chemji.* Warszawa 1913.

Hensel G. *Elektrotechnika w zadaniach.* Warszawa 1923.

Rybczyński W. *Zbiór zadań z fizyki z wynikami.* Warszawa, (Książnica-Atlas) 1927.

Sianożęcki J. Wojnicz. *Fizyka w zakresie szkoły średniej.* Warszawa, (Arct) 1914 — 16.

Wyczałkowski W. J. i P. Zborowski. *Ćwiczenia praktyczne i zadania z fizyki.* Warszawa, (Arct) 1928.

Tematy maturalne z fizyki. (1927 i 1928). Warszawa, (Nakł. Stow. Dyr. szk. śr. państw., Gebethner i Wolff).

Tematy maturalne z fizyki. Odbitka z t. I „Fizyki i Chemji w Szkole".

2. *Kosmografja.*

Ernst M. *Kosmografja.* Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1917.

Gadomski I. i E. Rybka. *Kosmografja.* Warszawa, (Arct) 1928.

*Różycki F. *Geografja astronomiczna.*

Świderski S. *Zarys kosmografji.* Warszawa, (Arct) 1916.

3. *Chemja.*

a) Teorja.

Bolland A. i Br. Duchowicz. *Chemja organiczna.* Warszawa, (Wende) 1922.

Bruner L. i S. Tołłoczko. *Chemja nieorganiczna.* Warszawa, (Gebethner i Wolff) 1923. Wyd. 6-e.

— *Chemja organiczna.* Warszawa, (Gebethner i Wolff). Wyd. 5-e.

*Dominikiewicz M. *Chemja organiczna.* Warszawa, (Wende).

— *Początki chemji i mineralogji.* Warszawa, (Wende) 1920.

Duchowicz B. *Chemja szkolna.* (Cz. I. Ch. nieogr. Cz. II. Ch. org.). Lwów, (Jakubowski) 1925 — 6.

— *Zasady chemji organicznej w zastosowaniu do potrzeb życia codziennego.* Warszawa, (Wende) 1907.

Duchowicz B. i T. Wiśniowski. *Wiadomości z chemji i mineralogji.* Lwów, (Jakubowski).

Mocycho i Zienkowski. *Krótki zarys chemji nieorganicznej.* Warszawa, (Arct) 1927. Wyd. 8-e.

— *Zarys chemji nieorganicznej.* Warszawa, (Arct) 1907.

Ostwald W. *Szkoła chemji.* Warszawa, (Arct) 1906 — 07 (2 tomy).

Remsen I. *Wykład chemji.* Warszawa, (Arct) 1907.

Tołłoczko St. *Chemja w zakresie wiadomości początkowych.* Lwów, (Ossol.) 1928.

b) Ćwiczenia.

Bruner L. *Ćwiczenia chemiczne.* Warszawa, (Arct) 1909.
Duchowicz B. *Doświadczenia chemiczne.* Lwów, (Księg. Naukowa) 1925. Wyd. 3-e.
— *Jakościowa analiza chemiczna.* Lwów—Warszawa, (Książnica Polska) 1922. Wyd. 2-gie.
Harabaszewski J. *Ćwiczenia laboratoryjne z chemji dla klas wyższych.* Warszawa, (Wende).
Humnicki W. *Łatwe doświadczenia z chemji organicznej.* Warszawa 1918.
Jabłczyński K. *Systematyczne ćwiczenia laboratoryjne z chemji.* Warszawa, (Orgelbrand) 1907.
Koninck Z. *Ćwiczenia chemiczne jakościowe i ilościowe.* Warszawa, (Wende) 1917.
Oryng T. *Ćwiczenia z chemji.* Warszawa, 1928.
Tenczyn E. *Wybór ćwiczeń chemicznych.* Lwów — Warszawa, (Książnica-Atlas) 1925.

ORGANIZACJA ĆWICZEŃ Z FIZYKI W WYŻSZYCH KLASACH GIMNAZJUM I W SEMINARJUM NAUCZYCIELSKIEM.

1. GRUPY.

W ćwiczeniach nie powinno brać udziału jednocześnie więcej, niż 25 uczniów. Klasy liczniejsze należy dzielić na grupy, przyczem grup nie może być więcej, niż dwie. Podział na grupy w żadnym razie nie pociąga za sobą zmniejszenia ilości godzin lekcyjnych, która według obowiązujących planów przypada na każdego ucznia.

2. ĆWICZENIA DWUGODZINNE.

Ćwiczenia w gimnazjach i na dwóch pierwszych kursach seminarjów nauczycielskich odbywają się z reguły na lekcjach dwugodzinnych; w tym czasie uczniowie wykonywują jedno dłuższe ćwiczenie, lub kilka krótszych. Gdyby na ćwiczenia dla każdej z dwóch grup zgodnie z obowiązującym planem godzin szkolnych wypadała tylko jedna godzina tygodniowo (np. w planie: 2 + 1), to każda grupa powinna mieć dwie godziny ćwiczeń raz na dwa tygodnie (naprzemian) (obie godziny ćwiczeniowe w planie lekcyj należy umieścić obok siebie [1]). O ile rodzaj ćwiczenia na to pozwala, uczniowie wychodzą z pracowni podczas pauzy (między pierwszą a drugą godziną ćwiczeń).

3. PLAN ĆWICZEŃ.

W razie podziału klasy na grupy pożądane jest ułożenie planu lekcyj w taki sposób, aby lekcja wspólna przypadała po

[1]) W gimnazjach typu humanistycznego i klasycznego (oraz na III i IV kursie semin. naucz.), obok ćwiczeń dwugodzinnych, odbywających się co dwa tygodnie, można również wykonywać krótsze ćwiczenia na lekcjach jednogodzinnych. W tym wypadku również najlepiej umieścić w planie dwie godziny fizyki bezpośrednio po sobie, przyczem druga z tych godzin byłaby przeznaczona zwykle na t. zw. lekcję teoretyczną.

b) Ćwiczenia.

Bruner L. *Ćwiczenia chemiczne.* Warszawa, (Arct) 1909.
Duchowicz B. *Doświadczenia chemiczne.* Lwów, (Księg. Naukowa) 1925. Wyd. 3-e.
— *Jakościowa analiza chemiczna.* Lwów—Warszawa, (Książnica Polska) 1922. Wyd. 2-gie.
Harabaszewski J. *Ćwiczenia laboratoryjne z chemji dla klas wyższych.* Warszawa, (Wende).
Humnicki W. *Łatwe doświadczenia z chemji organicznej.* Warszawa 1918.
Jabłczyński K. *Systematyczne ćwiczenia laboratoryjne z chemji.* Warszawa, (Orgelbrand) 1907.
Koninck Z. *Ćwiczenia chemiczne jakościowe i ilościowe.* Warszawa, (Wende) 1917.
Oryng T. *Ćwiczenia z chemji.* Warszawa, 1928.
Tenczyn E. *Wybór ćwiczeń chemicznych.* Lwów — Warszawa, (Książnica-Atlas) 1925.

ORGANIZACJA ĆWICZEŃ Z FIZYKI W WYŻSZYCH KLASACH GIMNAZJUM I W SEMINARJUM NAUCZYCIELSKIEM.

1. GRUPY.

W ćwiczeniach nie powinno brać udziału jednocześnie więcej, niż 25 uczniów. Klasy liczniejsze należy dzielić na grupy, przyczem grup nie może być więcej, niż dwie. Podział na grupy w żadnym razie nie pociąga za sobą zmniejszenia ilości godzin lekcyjnych, która według obowiązujących planów przypada na każdego ucznia.

2. ĆWICZENIA DWUGODZINNE.

Ćwiczenia w gimnazjach i na dwóch pierwszych kursach seminarjów nauczycielskich odbywają się z reguły na lekcjach dwugodzinnych; w tym czasie uczniowie wykonywują jedno dłuższe ćwiczenie, lub kilka krótszych. Gdyby na ćwiczenia dla każdej z dwóch grup zgodnie z obowiązującym planem godzin szkolnych wypadała tylko jedna godzina tygodniowo (np. w planie: 2 + 1), to każda grupa powinna mieć dwie godziny ćwiczeń raz na dwa tygodnie (naprzemian) (obie godziny ćwiczeniowe w planie lekcyj należy umieścić obok siebie [1]). O ile rodzaj ćwiczenia na to pozwala, uczniowie wychodzą z pracowni podczas pauzy (między pierwszą a drugą godziną ćwiczeń).

3. PLAN ĆWICZEŃ.

W razie podziału klasy na grupy pożądane jest ułożenie planu lekcyj w taki sposób, aby lekcja wspólna przypadała po

[1]) W gimnazjach typu humanistycznego i klasycznego (oraz na III i IV kursie semin. naucz.), obok ćwiczeń dwugodzinnych, odbywających się co dwa tygodnie, można również wykonywać krótsze ćwiczenia na lekcjach jednogodzinnych. W tym wypadku również najlepiej umieścić w planie dwie godziny fizyki bezpośrednio po sobie, przyczem druga z tych godzin byłaby przeznaczona zwykle na t. zw. lekcję teoretyczną.

odrobieniu danego ćwiczenia przez obie grupy. W gimnazjach typu matematyczno-przyrodniczego oraz w seminarjach na kursie I i II przewiduje się, że ćwiczenia z fizyki dla grupy A będą się odbywały jednocześnie z ćwiczeniami z innego przedmiotu dla grupy B. Nadto byłoby dobrze, aby obie grupy tej samej klasy miały ćwiczenia z fizyki w ciągu tego samego dnia.

4. METODA „RÓWNEGO FRONTU".

Wszyscy uczniowie obecni w pracowni wykonywują z reguły *to samo* ćwiczenie. Niezbędne wyjaśnienia wstępne uczniowie otrzymują bądź na wspólnej lekcji, bezpośrednio poprzedzającej ćwiczenia, bądź przed przystąpieniem do pracy na ćwiczeniach; w tym ostatnim wypadku nie powinno się na ten cel poświęcać więcej niż 5 — 10 minut. W wyjaśnieniach należy wskazać temat ćwiczenia, plan i kierunek pracy, nigdy jednak nie zapowiadać zgóry wyników, jakie uczniowie mają otrzymać[1].

5. CEL ĆWICZEŃ.

Właściwym celem ćwiczeń z fizyki w wyższem gimnazjum jest przedewszystkiem stwierdzenie pewnych stosunków ilościowych, t. j. wykonanie przez uczniów określonych *pomiarów;* nie znaczy to jednak, aby miało być wykluczone organizowanie również ćwiczeń jakościowych, służących do dokładniejszego poznania przebiegu zjawisk, oraz do wyćwiczenia ucznia w eksperymentowaniu i obserwacji (np. doświadczenia z elektrostatyki). Najlepiej jest, gdy wyniki, otrzymane przez uczniów na ćwiczeniach, służą następnie na lekcji za punkt wyjścia do stwierdzenia zależności pomiędzy mierzonemi wielkościami, t. j. do wyprowadzenia odpowiedniego prawa. Ćwiczenia jakościowe mogą być stosowane jako wstęp do tego rodzaju ćwiczeń ilościowych. Nauczyciel powinien przestrzegać uczniów przed pośpiesznem wyprowadzaniem wniosków ze szczupłego zasobu danych eksperymentalnych i podkreślać powagę i trudność badań ściśle naukowych, dokonywanych przez uczonych.

---

[1]) Z przyrządami, szczególnie z subtelniejszemi, ze sposobem ich ustawiania, regulowania i t. d., uczniowie winni być zapoznani zawczasu, na lekcji wspólnej dla obu grup.

6. ZESPOŁY.

Uczniowie, którzy są zaliczeni do jednej grupy, pracują w zespołach złożonych z 2 do 4 uczniów. Każdy zespół pracuje przy osobnym stoliku jako całość, odpowiedzialna solidarnie za wyniki pracy, ew. szkody i t. d. Należy czuwać nad tem, by praca w zespołach była rozłożona równomiernie; nie można pozwolić, aby np. pracował naprawdę jeden, a inni wykonywali tylko czynności pomocnicze, albo przyglądali się pracy kolegi. Można ułożyć regulamin pracowni, wypróbować go w praktyce, a następnie ogłosić uczniom i wywiesić na widocznem miejscu. Załącza się przykład takiego regulaminu.

7. PRZYKŁAD REGULAMINU OBOWIĄZUJĄCEGO UCZNIÓW PODCZAS ĆWICZEŃ W PRACOWNI FIZYCZNEJ.

1. Zaraz po wejściu do pracowni uczniowie zajmują miejsca przy stolikach wyznaczone im przez nauczyciela na początku roku, albo wskazane specjalnie na dane ćwiczenie. Samowolna zmiana miejsc jest niedozwolona.
2. Pracować należy w skupieniu i spokoju. Uczniowie należący do jednego zespołu, pracującego przy tym samym stoliku, porozumiewają się ze sobą półgłosem i jedynie w sprawach związanych z przerabianem ćwiczeniem.
3. Z przyrządami trzeba się obchodzić ostrożnie, pamiętając o przepisach, obowiązujących przy poszczególnych czynnościach (np. przy ważeniu). W razie wątpliwości zwracać się o wyjaśnienie do nauczyciela.
4. Odpowiedzialność za całość przyrządów ponosi z reguły zespół; w wypadkach wyjątkowych odpowiedzialność ustala nauczyciel.
5. Po zanotowaniu tematu i wysłuchaniu wyjaśnień, uczniowie tworzący zespół powinni przeprowadzić krótką dyskusję, aby zdać sobie jasno sprawę co i w jakim porządku mają robić; potem niezwłocznie przystępują do pracy według ustalonego planu.
6. Praca powinna być rozłożona możliwie równomiernie pomiędzy wszystkich uczniów. Jeżeli np. jest do wykonania kilka ważeń, to ważyć ma każdy z członków zespołu, a nie jeden tylko.

7. Ważniejsze pomiary członkowie zespołu winni wykonywać niezależnie od siebie i następnie porównywać wyniki; w takim razie — o ile wyniki nie są zgodne — notuje się zarówno wynik własny, jak i średnią, obliczoną dla zespołu.

8. W sprawozdaniu notuje się starannie, oprócz tematu ćwiczenia, wszystkie dokonane pomiary i obserwacje. Obliczenia mają być wykonywane w zeszycie, a nie na osobnych kartkach i t. p.

9. Do wykonania obliczeń przystępuje się po przeprowadzeniu doświadczeń i pomiarów.

10. Na stolikach powinno się znajdować wyłącznie to, co jest niezbędne przy danem ćwiczeniu.

11. Obowiązki dyżurnych, które uczniowie pełnią kolejno, są następujące:

a) pomaganie nauczycielowi w rozdaniu przyrządów i innych potrzebnych przedmiotów dla każdego zespołu;

b) przynoszenie wody ze zlewu i t. p. do swego stolika;

c) zwracanie się do nauczyciela w imieniu zespołu w sprawach związanych z ćwiczeniem;

d) po ukończeniu lekcji oddanie przyrządów w takim stanie, w jakim były otrzymane;

e) doprowadzenie pracowni do porządku (ustawienie taboretów, wytarcie płyt stolików, sprawdzenie kurków gazowych i t. p.).

8. SPRAWOZDANIA Z ĆWICZEŃ.

Każdy uczeń ma specjalny zeszyt do sprawozdań, w którym notuje na lekcji (można ołówkiem) temat ćwiczenia oraz jego przebieg, dokonane obserwacje i wyniki pomiarów (przeważnie w postaci tabelki). Rysowanie schematów połączeń i aparatury jest pożyteczne, o ile nie zabiera zbyt wiele czasu. Wykresy należy robić ołówkiem na papierze milimetrowym. Wszystkie obliczenia powinny być wykonywane w zeszycie; należy wyjaśnić uczniom zbędność obliczania dalszych znaków dziesiętnych (ostatnie cyfry zaokrąglać). Przy końcu drugiej godziny ćwiczeń, albo na wspólnej lekcji obu grup, zestawia się wyniki poszczególnych zespołów i grup, oblicza średnie pomiarów, błędy (procentowo), omawia się źródła błędów, wyprowadza wnioski

i uogólnienia i t. p. Uczeń odczytuje niekiedy wobec klasy swe sprawozdanie, przyczem nauczyciel udziela odpowiednich wskazówek. Należy również brać od czasu do czasu zeszyty ze sprawozdaniami do przejrzenia do domu.

9. DYŻURNI, WOŹNY-LABORANT.

Nauczyciel wyznacza dyżurnych w grupach lub zespołach. Dyżurni pomagają mu w przygotowaniu, zestawieniu (próbnem) i sprzątaniu przyrządów. Byłoby bardzo pożądane, żeby jeden z woźnych (o ile możności z praktyką ślusarską, elektrotechniczną i t. p.) był przeznaczony wyłącznie do obsługiwania wszystkich pracowni w szkole. Po obznajmieniu się z przyrządami, taki woźny może stanowić istotną pomoc dla nauczyciela fizyki (chemji).

10. WPROWADZENIE I PRZYGOTOWANIE ĆWICZEŃ.

Gimnazja i seminarja, w których ćwiczenia z fizyki dotąd nie były prowadzone, lub nie są jeszcze należycie zorganizowane, winny zacząć od zaopatrzenia pracowni w konieczne sprzęty i instalacje, oraz od nabycia przyrządów podstawowych i pomocniczych, m. w. podług spisu podanego w art. o organizacji pracowni fizycznej. Fundusze, jakie będą do rozporządzenia na pracownię, należy przeznaczyć na planowe zakupywanie kompletów, co umożliwi stopniowe wprowadzanie ćwiczeń metodą „równego frontu". Ilość tematów, zrazu niewielka, będzie się powiększała z roku na rok, obejmując coraz to nowe działy fizyki.

Każde ćwiczenie przyniesie pożytek tylko wtedy, gdy będzie dokładnie opracowane. Opracowania te powinny być sporządzane przez nauczyciela na osobnych kartach i w miarę doświadczenia, nabywanego w ciągu praktyki, poprawiane i uzupełniane. Przyrządy należy zawczasu starannie wybrać i sprawdzić. (Por. art. o tematach ćwiczeń).

TEMATY ĆWICZEŃ Z FIZYKI W KLASACH WYŻSZYCH GIMNAZJUM.[1])

I. WYKAZ WAŻNIEJSZYCH TEMATÓW.

Opisy ćwiczeń wyróżnionych kursywą są podane niżej. Gwiazdka oznacza ćwiczenia przeznaczone specjalnie dla gimnazjów typu matematyczno-przyrodniczego.

I. MECHANIKA OGÓLNA I CIAŁ STAŁYCH.

1. Zastosowanie nonjusza i śruby mikrometrycznej [2]).
2. Ważenie.
3. Masa właściwa (d) ciał stałych postaci regularnej [2]).
4. *Rozkład sił na równi pochyłej.*
5. *Okres wahań wahadła.*
6. *Przyśpieszenie ziemskie.*
7. Zależność drogi od czasu w ruchu jednostajnie przyśpieszonym.
8. Równoległobok sił.
9. Składanie sił równoległych.
10. Prawo momentów, w szczególności prawo dźwigni.
11. Spółczynnik tarcia.
12. *Prawo Hooke'a.

II. CIECZE I GAZY.

13. Zasada Archimedesa i jej zastosowania [2]).
14. *Prawo Boyle'a - Mariotte'a.*
15. Naczynia połączone.
16. Zastosowanie piknometru.
17. *Masa właściwa powietrza.

---

[1]) Opracowanie ćwiczeń, przeznaczonych specjalnie dla seminarjów nauczycielskich, ukaże się w jednym z następnych zeszytów „Poradnika".

[2]) Ćwiczenie, nie wymagające szczegółowych wyjaśnień.

III. AKUSTYKA.

18. *Prędkość głosu w powietrzu.*
19. Wysokość dźwięku struny.
20. Częstość drgań kamertonu.
21. *Dudnienia.

IV. NAUKA O CIEPLE.

22. *Spółczynnik rozszerzalności ciał stałych.*
23. *Ciepło właściwe ciał stałych.*
24. *Temperatura krzepnięcia naftaliny, parafiny i t. p.*
25. *Ciepło parowania wody wrzącej.*
26. Spółczynnik rozszerzalności cieczy.
27. Spółczynnik rozszerzalności powietrza.
28. Ciepło właściwe cieczy.
29. Ciepło topnienia lodu.
30. *Termiczny spółczynnik prężności gazów.

V. OPTYKA.

31. *Spółczynnik załamania szkła względem powietrza.*
32. *Równanie soczewek wypukłych i wyznaczenie ogniskowych.*
33. Porównanie natężenia dwu źródeł światła.
34. Zestawienie (w określonych warunkach) ważniejszych przyrządów optycznych, jak luneta Galileusza i t. d.
35. Długość fali świetlnej.

VI. ELEKTRYCZNOŚĆ I MAGNETYZM.

36. *Prawo Ohma.*
37. *Opór elektryczny metodą mostku Wheatstone'a.*
38. *Prawo Joule'a.*
39. *Równoważnik elektro-chemiczny miedzi.*
40. Badanie pola magnesów trwałych.
41. Prawo Coulomba dla biegunów magnetycznych.
42. Podstawowe zjawiska elektrostatyczne (jakościowo).
43. Ćwiczenia wstępne w łączeniu ogniw i oporów, oraz badanie pola magnetycznego prądu.

44. Spadek napięcia wzdłuż przewodnika.
45. Opór wewnętrzny ogniwa galwanicznego.
46. T. zw. siła elektromotoryczna (elektrobodźcza) ogniwa.
47. *Składowa pozioma magnetyzmu ziemskiego.

2. PRZYKŁADY OPRACOWAŃ POSZCZEGÓLNYCH TEMATÓW ĆWICZEŃ [1]).

A. MECHANIKA. CIECZE I GAZY. AKUSTYKA.

Ćwiczenie Nr. 1 (4) [2]).

Rozkład sił na równi pochyłej.

(Pomiar składowej równoległej do długości równi).

Przyrządy: równia pochyła [3]) długości 150 cm, szer. 10 — 15 cm, z odpowiednim uchwytem na bloczek, wózek o masie 500 gr. z otworkiem lub haczykiem do zawiązania nitki, lekki bloczek aluminjowy, nici introligatorskie, szalka aluminjowa o masie 10 gr. z trzema otworkami (do uwiązania nitek), płytka szklana, poziomnica, waga i odważniki, tablice funkcyj trygonometrycznych.

1) Ustawić równię poziomo przy pomocy poziomnicy.

2) Ustawić równię pochyło i zmierzyć jej kąt nachylenia α względem poziomu; kąt zmierzyć pośrednio zapomocą stosunku wysokości wzniesienia do długości równi (h/l).

3) Położyć na równi płytkę szklaną (celem zmniejszenia tarcia), ustawić na niej wózek i zrównoważyć przy pomocy odważników. Na szalce położyć naprzód tyle odważników, aby przy kilkakrotnem puknięciu palcem w płaszczyznę, wózek drgnął w kierunku do góry. Zliczyć odważniki (łącznie z szalką) i zapisać (P_1). Następnie zmienić odważniki tak, aby przy

---

[1]) Opracowania poniższe są przeznaczone dla nauczyciela, nie dla ucznia. Opisów ćwiczeń nie należy nigdy rozdawać uczniom na piśmie; wyjaśnienia nauczyciela powinny być udzielane ustnie, przyczem instrukcja, zależnie od poziomu pracującego zespołu, bądź grupy, może być mniej lub bardziej szczegółowa.

[2]) W nawiasach podano numery ćwiczeń według wykazu.

[3]) Ob. wskazówki dla wytwórców.

puknięciu wózek drgnął tylko w kierunku na dół (P_2). Z obu tych wartości wziąć średnią arytmetyczną (P').

4) Powtórzyć to samo przy innych nachyleniach równi.

5) Powtórzyć to samo przy tem samem nachyleniu równi, lecz przy różnych obciążeniach wózka.

6) Zebrać wyniki w tabelce. Np.:

h	l	P	P_1	P_2	$P'=\frac{P_1+P_2}{2}$	$\frac{h}{l}$	$\frac{P'}{P}$
38,7 cm	150 cm	500 Gr (dane)	130,24 Gr	127,50 Gr	128,9 Gr	0,258	0,257

7) Wnioski:

a) Jaki związek zachodzi pomiędzy wielkościami P', P, h i l?

b) Jak wyrazić ten związek przy pomocy funkcji kąta α?

c) Wskazać źródła błędów w tem ćwiczeniu.

Ćwiczenie Nr. 2 (5).

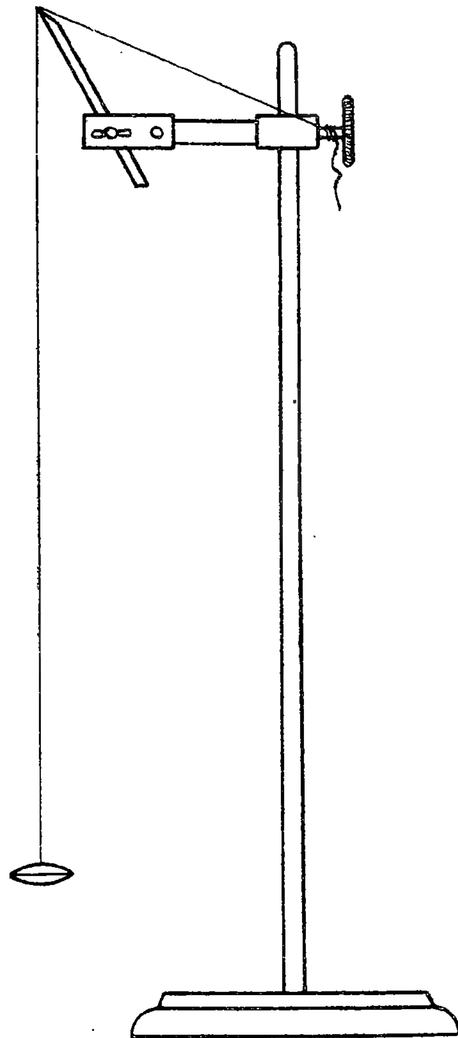
Okres wahań wahadła.

Przyrządy: 2 statywy, 2 łączniki, 2 łapy, 2 soczewki metalowe tej samej postaci i objętości (mosiężna i aluminjowa), płytka żelazna o ukośnie ściętej krawędzi, ***katetometr***, zegarek sekundowy (pożądany stopper), drewniana podziałka metrowa, nici introligatorskie lub cienki drucik miedziany. Błąd w odczytaniu różnicy poziomów przy pomocy katetometru nie powinien być większy, niż ½ mm.

1) Zawiesić wahadło (soczewkę mosiężną) jak na rysunku (rys. 9; szczegół zawieszenia — rys. 9a) i zmierzyć zapomocą katetometru jego długość od ostrej krawędzi płytki do równika soczewki. (Wolny koniec nitki można nawinąć na śrubie od statywu).

2) Zmierzyć okres wahań tego wahadła, opierając się na pomiarze czasu kilkudziesięciu okresów. (Ilość okresów liczyć w punktach zwrotnych po jednej stronie wahadła).

3) Powtórzyć to samo dla innych amplitud. W tym celu należy ustawić przy pomocy drugiego statywu podziałkę metrową



Rys. 9.

poziomo tuż pod soczewką w płaszczyźnie wahań wahadła, a wielkość amplitudy odczytać na podziałce.

4) Powtórzyć to samo przy innych długościach wahadła (2, 3, 4 razy krótszych, dłuższych). Ułożyć tabelkę:

l	T	T/T_0	l/l_0	T^2/T^2_0
$l_0=$	$T_0=$			

5) Powtórzyć to samo z soczewką aluminjową.

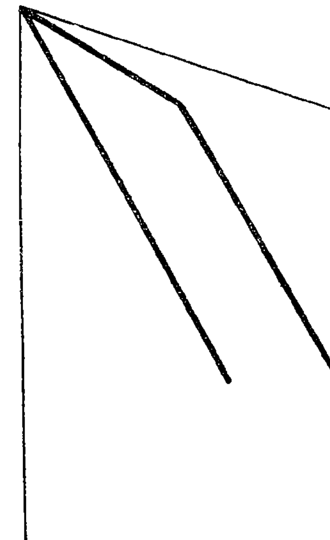
6) Wyprowadzić wnioski co do zależności okresu wahań:

a) od długości wahadła (przy jakiej zmianie długości okres zmienia się w stosunku 1 : 2?);

b) od jego masy;

c) od amplitudy.

7) Wskazać źródła błędów.



Rys. 9a.

Ćwiczenie Nr. 3 (6).

Przyśpieszenie ziemskie.

Przyrządy: te same, co w ćwiczeniu poprzedniem (okres wahań).

Do tego ćwiczenia należy użyć wahadła możliwie najdłuższego (o ile tylko pozwala katetometr). Kąt odchylenia wahadła powinien być możliwie mały (kilka stopni).

1) Zmierzyć długość i okres wahań jak w ćwiczeniu poprzedniem.

2) Uzyskane wartości wstawić do wzoru na „g“ (ze wzoru na T dla wahadła prostego). Obliczyć przyśpieszenie ziemskie.

4) Porównać otrzymany wynik z wartością podaną w tablicach dla najbliższej miejscowości i wskazać przyczyny błędów.

Uwaga. Ażeby zapobiec wahaniom eliptycznym wskutek wadliwego puszczenia wahadła w ruch, można odchylić je zapomocą nitki przytwierdzonej do soczewki ziarenkiem wosku, a drugi koniec nitki uwiązać np. do statywu. Po uspokojeniu się wahadła przepalić nitkę tuż przy soczewce.

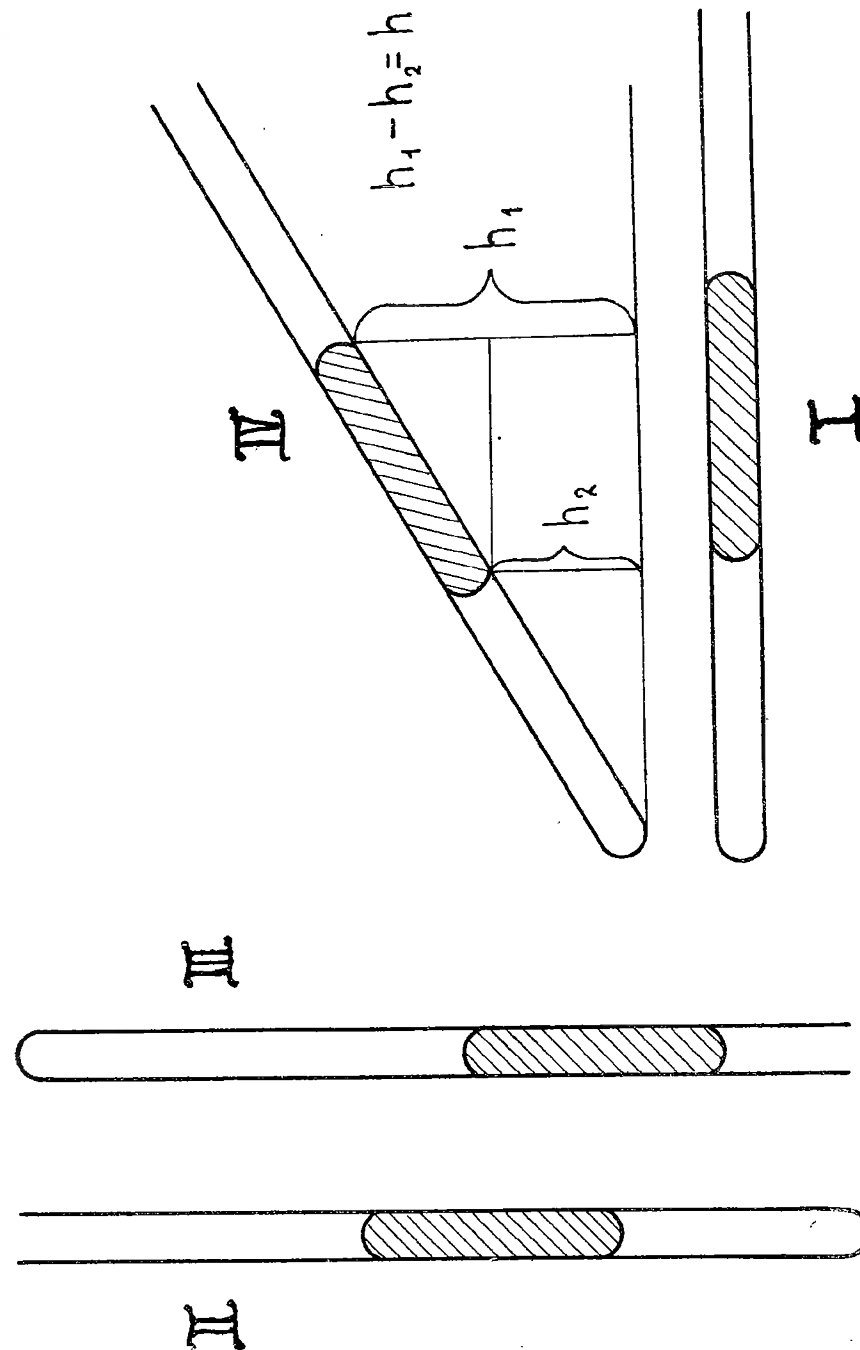
Ćwiczenie Nr. 4 (14).

Badanie zależności pomiędzy objętością i ciśnieniem danej masy gazu w stałej temperaturze (prawo Boyle'a-Mariotte'a).

Przyrządy: rurka (Melde'go) ze szkła „Pyrex“, włoskowata, o długości 1 m i średnicy wewnętrznej 1 — 2 mm, osadzona na podziałce drewnianej; lejek, mała zlewka do rtęci, drut żelazny, flaszka z rtęcią, duża tacka z papier - maché, lupa; katetometr.

1) *Przygotowanie przyrządu.* Prace z rtęcią wykonywa się zawsze nad większą tacą np. z masy papierowej. Na rurę nakłada się lejek i nalewa się odpowiednią ilość rtęci (długość słupka ma wynosić około 30 cm). Po odłączeniu lejka słupek rtęci przesuwa się drutem żelaznym do zatopionego końca rury. Potem kładzie się rurę na stole i unosząc nieco zatopiony jej koniec, przez wyciąganie drutu nadaje się słupkowi rtęci dowolne położenie , a objętości powietrza żądaną długość (ok. 30 cm). Gdy się to udało, wyjmujemy drut (powoli!) przy pionowem położeniu rury.

2) *Doświadczenie.* Do pomiaru pierwszego (rys. 10, I) kładziemy rurę na stole i odmierzamy długość słupków powietrza i rtęci, potem powtarzamy to w położeniu odwrotnem, lecz na tem samem miejscu stołu. Gdy weźmiemy średnią z tych dwóch pomiarów, unikniemy błędu wynikłego stąd, że powierzchnia stołu nie jest zupełnie pozioma. Otrzymujemy w ten sposób pierwsze dane: v_1 i p_1, gdzie v_1 — objętość (średnia z dwu po-



Rys. 10.

łożeń) powietrza, a p_1 — ciśnienie równe atmosferycznemu (barometr!). Przekrój wewnętrzny rurki przyjmujemy za jednostkę.

Następnie wieszamy rurkę na ścianie w położeniu II (rys. 10) i wyznaczamy długość słupków rtęci i powietrza. Dodając wysokość słupka rtęci do ciśnienia barometrycznego, otrzymujemy ciśnienie gazu w rurce, p_3, któremu odpowiada objętość powietrza v_3.

Odwracając rurkę o 180°, t. j. otworem nadół (należy to czynić powoli dla uniknięcia przerwania się słupka rtęci i pozostawania jej na ściance rurki) i odejmując wysokość słupka rtęci od ciśnienia barometrycznego, otrzymujemy nowe ciśnienie gazu w rurce, p_2, odpowiadające pozycji III na rys. 10 przy objętości gazu równej v_2.

Po za tem należy jeszcze nachylić rurkę ukośnie raz otwartym końcem do góry, drugi raz tymże końcem nadół i w każdej z tych pozycyj zmierzyć zapomocą katetometru wysokość nad poziomem stołu obydwu końców słupka rtęci. Różnica tych poziomów wskaże nam wysokość *h* (rys. 10, IV), którą należy dodać lub odjąć od ciśnienia barometrycznego (zależnie od tego, czy koniec zatopiony rurki jest u dołu, czy u góry) dla uzyskania prężności gazu zamkniętego w rurce. Mając te prężności (p_4 i p_5) i odpowiadające im objętości (v_4 i v_5) gazu, układamy z tych i wyżej otrzymanych danych tabelkę podaną niżej.

Ostatni sposób ma tę zaletę, iż pozwala zwrócić uwagę ucznia na znaczenie „wysokości" słupa cieczy w przypadku obliczania jej hydrostatycznego ciśnienia.

3) Tabelka.

Położenie rurki:	v	p (mm słupa Hg)	$p.v$
poziome	$v_1 = 302$	$p_1 = 743$	$p_1v_1 = 224386$
pionowe otworem *nadół*	$v_2 = 512$	$p_2 = 743 - 309 = 434$	$p_2v_2 = 222208$
pionowe otworem *ku górze*	$v_3 = 213$	$p_3 = 743 + 315 = 1058$	$p_3v_3 = 225354$
pochylone otworem *ku górze*	$v_4 = 241$	$p_4 = 743 + 192 = 935$	$p_4v_4 = 225335$
pochylone otworem *ku dołowi*	$v_5 = 386$	$p_5 = 743 - 165 = 578$	$p_5v_5 = 223108$

Przy wszystkich tych pomiarach należy unikać ogrzania słupka powietrza przez bezpośrednie dotykanie rurki ręką (temperatura ma być stała!). Dla uniknięcia błędu wynikłego z paralaksy, najlepiej przy odczytywaniu używać lupy, lub jeszcze lepiej lusterka, przyłożonego do skali obok rurki.

Przy końcu zatopionym rurki można umieścić słupek rtęci o długości kilku milimetrów, a to w celu dokładniejszego i wygodniejszego odczytywania długości słupka powietrza.

4) *Wniosek:* z powyższej tabelki wynika, iż w granicach dopuszczalnych błędów doświadczenia iloczyn z ciśnienia i objętości danej masy gazu w temperaturze stałej pozostaje w przybliżeniu wielkością stałą (w trzeciej rubryce mamy w tysiącach: 224, 222, 225, 225, 223). Więc ciśnienie gazu jest odwrotnie proporcjonalne do jego objętości, co stanowi właśnie treść prawa Boyle'a - Mariotte'a.

5) Uczniowie robią *wykres* na papierze milimetrowym. (Rys. 11).

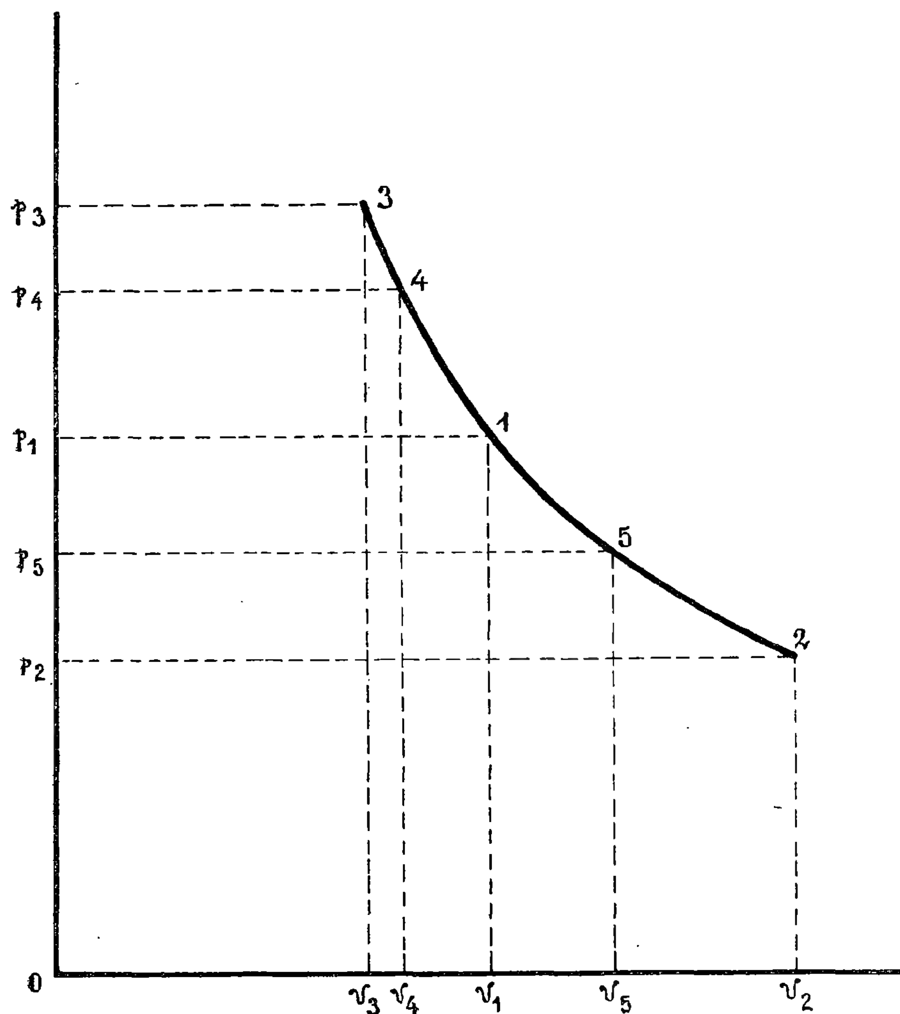
Ćwiczenie Nr. 5a (18).

Prędkość głosu w powietrzu.

Przyrządy: rura szklana średnicy ok. 3 cm i długości ok. 1 metra, z zakończeniem u dołu do zakładania rurki gumowej; naczynie szklane pojemności około 1 litra z zakończeniem u dołu do rurki gumowej; kawałek rurki długości ok. 1 metra; statyw; podziałka; stroik (kamerton) z wybitą na nim liczbą drgań na sekundę [1]; ołówek do pisania na szkle.

1) Umocowujemy rurę pionową na statywie, łączymy ją rurką gumową z naczyniem, tak aby naczynie znajdowało się ponad rurą. Napełniamy rurę wodą, stawiamy tuż nad górnym końcem rury drgający stroik i wypuszczamy powoli wodę, opuszczając naczynie szklane w dół. Przy pewnem określonem po-

[1]) Przez „drganie" rozumie się wahnięcie tam i z powrotem. Trzeba jednak pamiętać, że w muzyce uważa się czasem za „drganie" ruch w jedną stronę. Liczba drgań podwójnych równa się oczywiście połowie liczby drgań pojedyńczych. Przed doświadczeniem należy sprawdzić jakie drgania oznacza liczba na stroiku, podwójne czy pojedyńcze. Najlepiej jest brać stroiki, które obok liczby drgań mają wybite litery VD, co oznacza „vibrations doubles", t. j. drgania podwójne (np. 435 VD). Czasem obok liczby drgań widzimy litery VS („vibrations simples"), co oznacza drgania pojedyńcze.



Rys. 11.

Skala: *(p)* 1 dm — 1 cm na wykresie; *(v)* 1 dm — 2 cm na wykresie. (Papier milimetrowy).

łożeniu, zajętem przez wodę w rurze, dźwięk stroika słyszymy wyraźnie. Zaznaczamy wtedy na rurze ołówkiem położenie poziomu wody. Wypuszczamy wodę dalej; głos kamertonu zanika, lecz przy dalszem jeszcze obniżeniu poziomu wody znowu go słychać. Wtedy ponownie zaznaczamy ołówkiem na szkle położenie poziomu wody.

Rzecz prosta, że podczas całego tego doświadczenia należy stroik uderzać od czasu do czasu, gdyż drgania jego zanikają dość szybko.

2) Mierzymy odległość między znakami zrobionemi na rurze. Jest to odległość między dwoma sąsiedniemi węzłami, czyli połowa długości fali. Mnożąc przez 2, otrzymujemy pełną długość fali, następnie znajdujemy prędkość v głosu ze wzoru $\lambda = v.T$ (gdzie λ oznacza długość fali, v — prędkość głosu, T — okres; $T = \frac{1}{n}$).

3) *Przykład.* Odległość między znakami na szkle wynosi 38,5 cm, skąd $\lambda = 77$ cm. Na stroiku wybita jest liczba 435 VD,

$$\text{więc } T = \frac{1}{435}. \text{ Wobec tego } 77 = v \cdot \frac{1}{435},$$

skąd $v = 77.435$ (=) 33500 cm/sek = 335 m/sek.

4) Jest rzeczą wskazaną powtórzyć doświadczenie z innemi stroikami. Dobrze byłoby również sprawdzić, opierając się na wynikach otrzymanych przy użyciu stroika znanego, czy liczba drgań na innym stroiku, nie zaopatrzona w znaki VD lub VS, oznacza liczbę drgań podwójnych, czy pojedyńczych.

Uwaga. Zamiast rury z wodą, rurki gumowej i naczynia, można używać do pomiaru prędkości głosu rury z przesuwanym wewnątrz tłokiem, jak w ćwiczeniu następnem.

Ćwiczenie Nr. 5b.

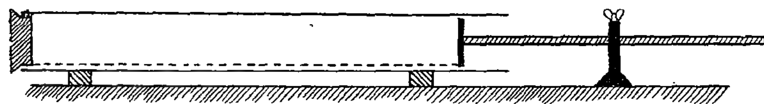
Pomiar prędkości głosu.

Przyrządy: rura Kundta, sproszkowany korek, kawałek sukna, alkohol, metr drewniany z podziałką milimetrową.

1) Oczyścić rurę na sucho i wsypać do jej wnętrza trochę suchego pyłu korkowego (korek sproszkować pilnikiem i przesiać przez sitko). Przez odpowiednie pochylanie i potrząsanie rurą rozmieścić pył wzdłuż całej długości rury w postaci wąskiej

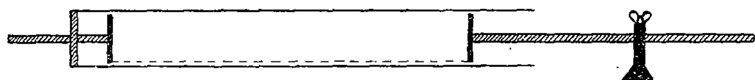
i cienkiej warstewki (nadmiar pyłu wysypać). Zestawić przyrząd jak na rys. 12, umocowując mosiężny pręt (lub rurkę) zapomocą imadła dokładnie w połowie długości pręta (rurki).

2) Pocierać pręt przy pomocy sukna zwilżonego alkoholem, przesuwając jednocześnie rurę względem pręta tak długo, dopóki nie powstaną wyraźne i w równych od siebie odstępach sku-



Rys. 12.

pienia pyłu korkowego. (Jeśli rura posiada na przeciwległym swym końcu ruchomy tłok — jak na rys. 13 — to przesuwać nie całą rurą, lecz samym tłokiem). Pręt należy uchwycić przez sukno w pobliżu imadła (węzła fali), poczem pociągać ręką



Rys. 13.

wzdłuż ku zewnętrznemu końcowi pręta; podłużne jego drgania wytworzą wysoki (piskliwy) ton.

3) Zmierzyć odległość l pomiędzy najbardziej odległemi od siebie skupieniami pyłu i policzyć ilość r zawartych między niemi odstępów. Obliczyć długość fali w powietrzu λ, jak nast.: $l : r = \frac{\lambda}{2}$ skąd $\lambda = \frac{2l}{r}$. Obliczyć częstość n podłużnych drgań pręta ze wzoru $v = n\lambda$, gdzie v, t. j. prędkość rozchodzenia się głosu w powietrzu $= 331 \sqrt{1 + 0{,}004\, t}$ m/sek. (Temperaturę t odczytać na termometrze).

4) Obliczyć prędkość v_1 rozchodzenia się głosu w mosiądzu ze wzoru $v_1 = n\lambda_1$ gdzie λ_1 = długość fali w mosiądzu = podwójna długość pręta.

5) Powtórzyć to samo z prętem szklanym, ewent. z innego materjału.

6) Tabelka.

Materjał:	$\frac{\lambda}{2}$	v	$\frac{\lambda_1}{2}$	v_1
mosiądz . . .	8,8 cm	342 m/sek	90 cm	3489 m/sek.
szkło	7,0 cm	340 m/sek	106 cm	5147 m/sek.

B. CIEPŁO.

Uwagi wstępne o pomiarach kalorymetrycznych.

W pomiarach kalorymetrycznych występują dwa zasadnicze źródła błędów:

1) niedokładności w odczytywaniu temperatur;

2) straty ciepła wskutek promieniowania, przewodnictwa, parowania cieczy i t. p.

Ad 1) W celu możliwie dokładnego wyznaczenia temperarury należy używać termometrów z podziałką na dziesiąte, a przynajmniej na piąte części stopnia, np. od — 4° do 30° C (na 0,1) lub do 50° C (na 0,2), z wyjątkiem oczywiście tych wypadków, kiedy zachodzi potrzeba odczytania temperatury wyższej.

Uwaga. Wystrzegać się przekroczenia górnej granicy skali!

W czasie doświadczenia temperatura ulega zmianie, skutkiem tego należy odczytywać temperaturę danego ciała (np. cieczy w kalorymetrze) bezpośrednio przed zmieszaniem jej z drugiem ciałem o innej temperaturze.

Ad 2) Strata ciepła w otoczenie jest tem większa:

a) im znaczniejsza różnica temperatur kalorymetru i otoczenia, oraz

b) im dłuższy okres ogrzewania się wody w kalorymetrze.

Ad a) Większych przyrostów temperatury unikamy, biorąc masę ciała, wprowadzonego do kalorymetru, mniejszą od masy cieczy w kalorymetrze.

Uwaga. Podniesienie temperatury nie powinno jednak być mniejsze od 3° C, w przeciwnym razie błąd procentowy w wyznaczaniu temperatury będzie zbyt wielki (przy różnicy temperatur równej 5° C błąd sięga 2% przy skali na 0,1° C).

Ad b) W celu osiągnięcia szybszej wymiany ciepła używamy zwykle ciał stałych w niezbyt dużych kawałkach (ziarnistych).

Uwaga. Stratę ciepła przez promieniowanie można częściowo usunąć posługując się metodą Rumforda; polega ona na tem, że na początku doświadczenia temperaturę wody w kalorymetrze obniżamy bądź podnosimy (np. przy wyznaczaniu ciepła topnienia lodu) o kilka stopni względem temperatury otoczenia, aby strata ciepła i zysk się skompensowały.

Ćwiczenie Nr. 6 (22).

Wyznaczenie średniego spółczynnika rozszerzalności linjowej ciał stałych.

Przyrządy: pirometr, śruba mikrometryczna, płytki (blaszki) metalowe o różnej grubości, metr drewniany z podziałką milimetrową, termometr, kolba lub kociołek do ogrzewania wody z wężem gumowym, palnik gazowy lub lampka spirytusowa, mała zlewka.

1) Zmierzyć grubość płytki metalowej zapomocą śruby mikrometrycznej, nastawić wskazówkę przyrządu w pobliżu 0, włożyć płytkę pomiędzy sprężynę a koniec rurki metalowej.

Wyliczyć stąd, jakiemu wydłużeniu rurki odpowiada przesunięcie wskazówki o jedną kreskę podziałki.

2) Wykonać ten pomiar co najmniej 3 razy, biorąc płytki różnej grubości i przedstawić na odpowiednim wykresie zależność pomiędzy grubością płytki a wychyleniem.

3) Zmierzyć długość początkową rurki metalowej z dokładnością do 0,1 cm.

4) Odczytać temperaturę rurki, nałożyć koniec węża gumowego na rurkę i ogrzewać wodę w kociołku aż do wrzenia.

Uwaga. Należy przepuszczać parę dopóki temperatura w rurze się nie ustali, co poznamy po tem, że wskazówka, która zpoczątku szybko się porusza, zajmie stałe położenie.

5) Odczytać temperaturę (t_2) oraz położenie wskazówki.

6) Wyznaczyć całkowity przyrost długości rurki, odpowiadający ogrzaniu o (t_2 — t_1) stopni, posiłkując się wykresem (ob. punkt 2).

7) Obliczyć wartość spółczynnika rozszerzalności linjowej metalu, z którego jest zrobiona dana rurka, porównać wynik z wartością podaną w tablicach i wskazać źródła błędów w tem ćwiczeniu.

Uwaga. Można polecić uczniom, aby sprobowali bezpośredniego wyznaczenia przyrostu długości rurki zapomocą sztaby metrowej.

Przykład liczbowy (rurka mosiężna).

Cechowanie przyrządu.
(Rys. 14; papier milimetrowy).

Grubość płytki	Wychylenie
0,21 mm	1,9
0,42 „	3,8
0,52 „	4,8
0,62 „	5,3
0,73 „	6,8

Obliczenie spółczynnika rozszerzalności linjowej mosiądzu.

Mamy wzór:

$$\lambda = \frac{l_2 - l_1}{l_1 (t_2 - t_1)},$$ gdzie: t_1 = temperatura początkowa,
l_1 = długość rurki,
t_2 = temperatura końcowa,
$(l_2 - l_1)$ = przyrost długości rurki,
λ = spółczynnik rozszerzalności linjowej.

Dane liczbowe:

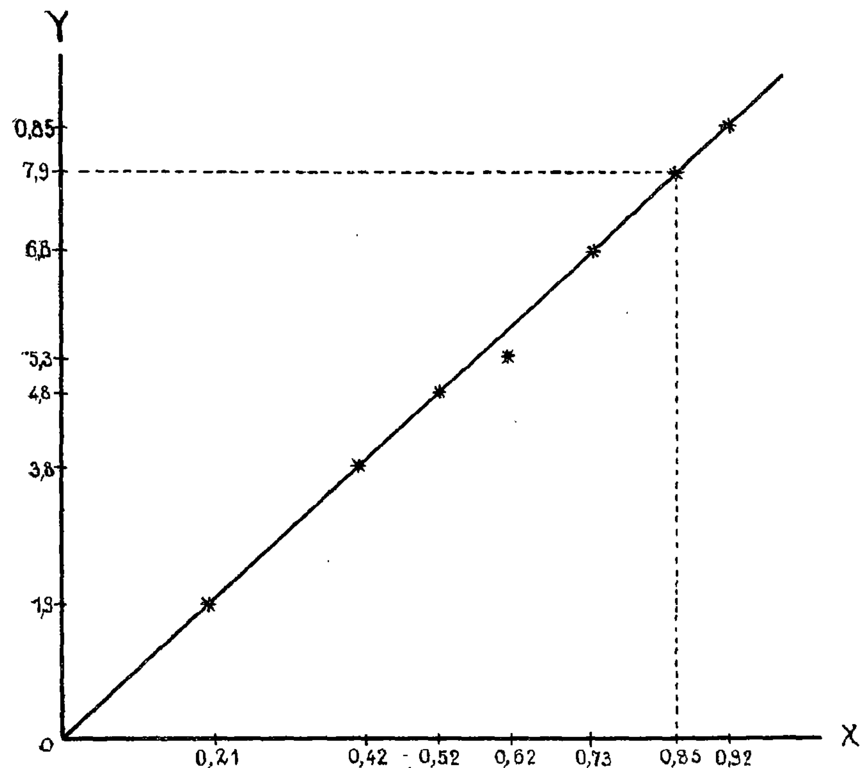
$t_1 = 18{,}5^0$ C.
$t_2 = 99{,}4^0$ C.
$l_1 = 59{,}8$ cm
wychylenie — 7,95.
$l_1 - l_2$ (przyrost odczytany z wykresu, rys. 14) = 0,85 mm.

Odpowiedź:
$\lambda = 0{,}000018$.
Błąd względny wynosi 5,5%.

Ćwiczenie Nr. 7 (23).

Wyznaczenie ciepła właściwego ciał stałych zapomocą kalorymetru wodnego.

Przyrządy: kalorymetr z mieszadłem, badane ciało w postaci ziarnistej (np. kulki szklane, śrut, drobne gwoździe i t. p.),



Rys. 14.

dwa termometry (jeden z nich z podziałką na dziesiąte części stopnia), palnik gazowy lub lampka spirytusowa, probówka, kawałek waty, zlewka.

1) Zważyć naczynie wewnętrzne kalorymetru (wraz z mieszadłem), nalać doń wody mniej więcej do $^2/_3$ wysokości naczynia i ponownie zważyć z taką samą dokładnością (do 10 mg); wsunąć termometr (na 0,1° C) do wody i wstawić naczynie do kalorymetru.

2) Wrzucić do probówki badane ciało, wsunąć termometr, zatkać probówkę watą i wstawić do zlewki z wodą, ogrzewaną zapomocą palnika. Trzymać tam probówkę od chwili zagotowania się wody jeszcze około 5 minut.

Uwaga. Masa ciała powinna być mniejsza od masy wody (w stosunku 1 : 2 lub 1 : 3).

3) Odczytać temperaturę (t_1) wody w kalorymetrze i bezpośrednio potem wrzucić do niej ogrzane ciało, mieszając starannie wodę.

4) Odczytać temperaturę mieszaniny.

5) Zważyć kalorymetr z wodą i badanem ciałem.

6) Uzyskane wartości wstawić do wzoru na bilans ciepła, uwzględniając pojemność cieplną kalorymetru.

7) Otrzymaną odpowiedź porównać z wartością podaną w tablicach i wskazać źródła błędów.

Przykład liczbowy.

Masa kalorymetru z mieszadłem . . .	$m_k = 102{,}1$ gr.
„ wody	$M = 144{,}2$ gr.
„ żelaza	$m_ż = 42{,}2$ gr.
ciepło właściwe kalorymetru (mosiądz) .	$c_m = 0{,}09$ kal/gr. st.
temperatura początkowa wody w kalor.	$t_1^0 = 13{,}9^0$ C
temperatura mieszaniny	$t_2^0 = 16{,}6^0$ C
„ żelaza ogrzanego	$t = 100^0$ C

$$c_x = \frac{(m_k \cdot c_m + M \cdot 1)(t_2 - t_1)}{m_ż (t - t_2)}$$

$$c_x = \frac{(102{,}1 \cdot 0{,}09 + 144{,}2) \cdot 2{,}7}{42{,}2 \cdot 83{,}4} = 0{,}11 \text{ kal/gr. st.}$$

Ćwiczenie Nr. 8 (24).

Wyznaczenie temperatury krzepnięcia naftaliny i wosku.

Przyrządy: statyw, probówka o średnicy wewnętrznej około 2 cm, termometr, zegarek, palnik lub lampka spirytusowa.

1) Umocować na statywie szeroką probówkę z naftaliną i termometrem.

2) Stopić naftalinę, używając zlewki z wrzącą wodą, przyczem temperaturę naftaliny doprowadzić co najmniej do 90° C.

3) Zgasić palnik, wyjąć z wody probówkę z naftaliną i odczytywać co 30 sekund temperaturę.

4) Zrobić wykres zmian temperatury przy krzepnięciu naftaliny.

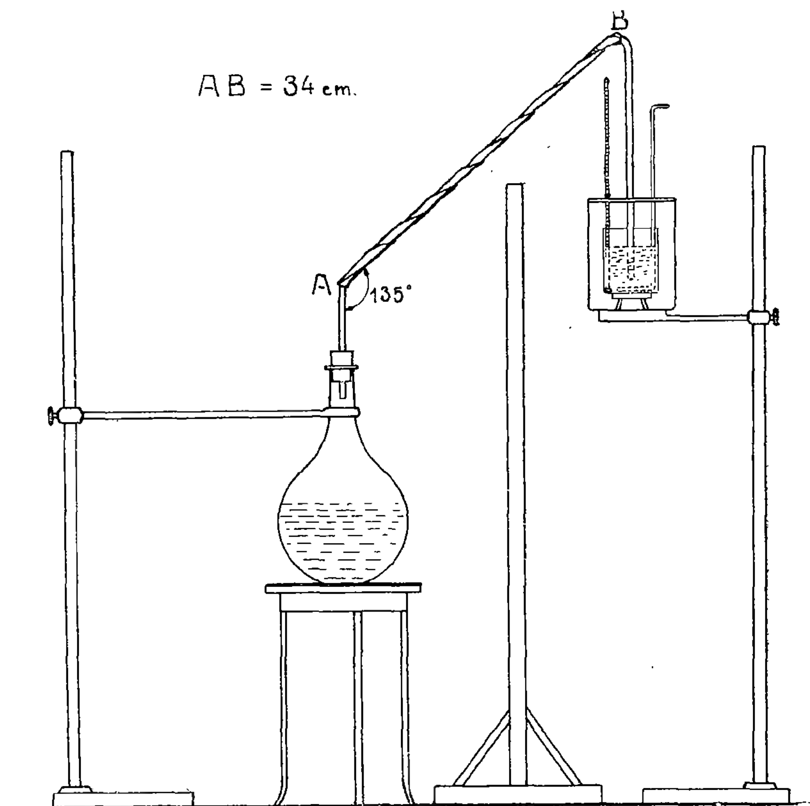
5) Analogiczne doświadczenie przerobić z woskiem.

6) Porównać dwa wykresy i stąd wywnioskować o odmiennem zachowaniu się ciał krystalicznych i niekrystalicznych przy krzepnięciu.

Ćwiczenie Nr. 9 (25).

Wyznaczenie ciepła parowania wody podczas wrzenia.

Przyrządy: kalorymetr z mieszadłem, termometr z podziałką na dziesiąte lub piąte części stopnia, kolba z rurką szklaną,



Rys. 15.

odpowiednio wygiętą i owiniętą flanelą, ekran, palnik, waga i dwa statywy.

Uwaga. Przy odpowiedniem pochyleniu rurki (pod kątem 135° — 140°), unikamy potrzeby skraplacza, co znacznie upraszcza zestawienie przyrządu.

1) Zestawić przyrząd jak na rysunku 15 i zważyć naczynie wewnętrzne kalorymetru wraz z mieszadłem.

2) Nalać prawie do pełna wody do kalorymetru, znaleźć jej masę i wstawić termometr.

Uwaga. Początkowo kalorymetr umieszczamy w pewnej odległości od wylotu rurki.

3) Zagotować wodę w kolbie, i kiedy para zacznie uchodzić z rurki pełnym strumieniem, przyczem rurka będzie dobrze ogrzana, podnieść zapomocą łapki statywu kalorymetr z wodą i pogrążyć do niej rurkę, mieszając wciąż mieszadłem. Gdy temperatura wody wzrośnie o 5 — 10° C, opuścić szybko kalorymetr i odstawić go na bok, nie przestając mieszać wodę mieszadłem.

5) Uzyskane wartości wstawić do równania na bilans ciepła, uwzględniając pojemność cieplną kalorymetru wraz z mieszadłem.

6) Porównać otrzymany wynik z wartością tablicową i wyjaśnić przyczyny błędów.

Przykład liczbowy.

Masa kalorymetru z mieszadłem $m_k = 104{,}2$ gr
„ wody $m_w = 200$ gr
temperatura początkowa wody $t_1 = 14{,}7°$ C.
„ końcowa „ $t_2 = 23{,}5°$ C.
masa pary $m_p = 2{,}98$ gr

$$R = \frac{(t_2 - t_1)(m_w + m_k c_m) - (100° - t_2)\, m_p}{m_p}$$

$$= \frac{8{,}8 \cdot 209{,}378 - 76{,}5 \cdot 2{,}98}{2{,}98} = 540 \text{ kal/gr.}$$

Błąd względny wynosi 0,2%.

C. OPTYKA.

Uwagi wstępne, dotyczące przyrządów do ćwiczeń z optyki.

1) ***Ława optyczna*** powinna mieć długość od 1 m do 1,5 m. Ława ma być skonstruowana tak, by gwarantowała:

1-°, że oś soczewki jest równoległa do kierunku przesunięć na ławie;

2-^{0}, że przy użyciu dwu lub więcej soczewek, osie ich zlewają się;

3-^{0}, że środek przedmiotu leży na osi soczewki;

4-^{0}, że ekran jest prostopadły do osi soczewki.

O ile pierwsze trzy warunki nie są spełnione, zachodzą pewne aberacje jak np. astygmatyzm lub komma, które komplikują zjawisko i nie pozwalają badać soczewki w sposób elementarny. To też przy wyborze ławy optycznej należy zwracać uwagę, by warunki powyższe były spełnione. Istnieją ławy drogie tak skonstruowane, że sam eksperymentator może wyregulować ławę i osiągnąć to, że powyższe warunki będą spełnione. Ale przeznaczenie tych ław jest naogół inne niż ław szkolnych (badanie soczewek lub zwierciadeł kulistych i t. p.); przyrządy te służą często właśnie do badania aberacyj, wobec czego odchylenia od warunków podanych wyżej są dopuszczalne. Konstruktorzy dostarczają również dla szkół ławy optyczne z urządzeniami do regulowania, jednak w tych wypadkach bywa trudno sprawdzić w jakim stopniu wymagania powyższe mogą być osiągnięte przez regulowanie. Prócz tego te ławy, choć tańsze od wspomnianych wyżej, są jednak dość drogie. Najlepiej do celów szkolnych nadaje się taka ława, której sama konstrukcja zapewnia spełnienie wskazanych warunków. Wreszcie należy zauważyć, że idealne spełnienie tych warunków jest nieosiągalne, i że wobec tego należy dopuścić pewne tolerancje. Są one następujące:

Dla punktów 1 i 2-go tolerancja wynosi m. w. 1^{0}. To znaczy, że oś soczewki z kierunkiem ruchu na ławie nie powinna przekraczać zbytnio jednego stopnia.

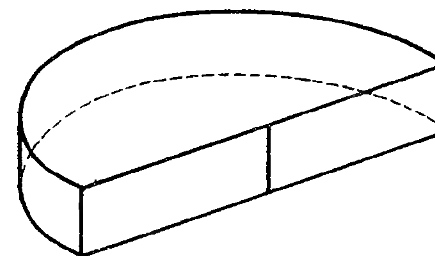
Dla punktu 3-go wynosi ona około 5 mm. To znaczy, że odległość środka przedmiotu od prostej przechodzącej przez środek soczewki i biegnącej równolegle do ruchu na ławie nie powinna przekraczać zbytnio 5 mm.

Dla punktu 4-go tolerancja wynosi około 2^{0}.

Do ławy należą części następujące: komplet soczewek, 2 podstawki do soczewek, 1 podstawka do „przedmiotu", 1 podstawka z ekranem, 1 podstawka ze źródłem światła. (Jeżeli szkoła posiada instalację elektryczną, źródłem światła są zwykłe żarówki; jeżeli nie, można używać np. latarek elektrycznych kieszonkowych z boczną lampką).

Do ćwiczeń z fotometrji trzeba mieć drugą podstawkę z żarówką, albo 2 podstawki do świec oraz 1 podstawkę z fotometrem Bunsen'a.

2) *Półkrążek szklany* (rys. 16) (średnica od 10 do 12 cm i wysokość od 10 do 12 mm) używany do badania prawa załamania, ma dwie powierzchnie, walcową i płaską (prostokątną), bardzo dokładnie odrobione. Muszą to być powierzchnie prawdziwie optyczne. Sprawdzić je można w sposób następujący:



Rys. 16.

Stawiamy półkrążek stroną prostokątną na papierze gęsto i równomiernie linjowanym, np. na papierze milimetrowym i patrzymy na rysunek linjowania przez powierzchnię walcową. Powierzchnia walcowa zniekształca cokolwiek rysunek. Jednak zniekształcenie to nie nosi charakteru zniekształceń lichego zwierciadła. Jeśli kreski linjowania okazałyby się powykrzywiane, powierzchnia optyczna walcowa nie nadaje się. Szczególnie łatwo spostrzega się wady powierzchni, jeśli posuwać półkrążkiem na takim papierze.

Aby sprawdzić powierzchnię prostokąta, przykładamy taki sam papier do powierzchni walcowej i badamy linjaturę przez powierzchnię prostokąta tak jak poprzednio.

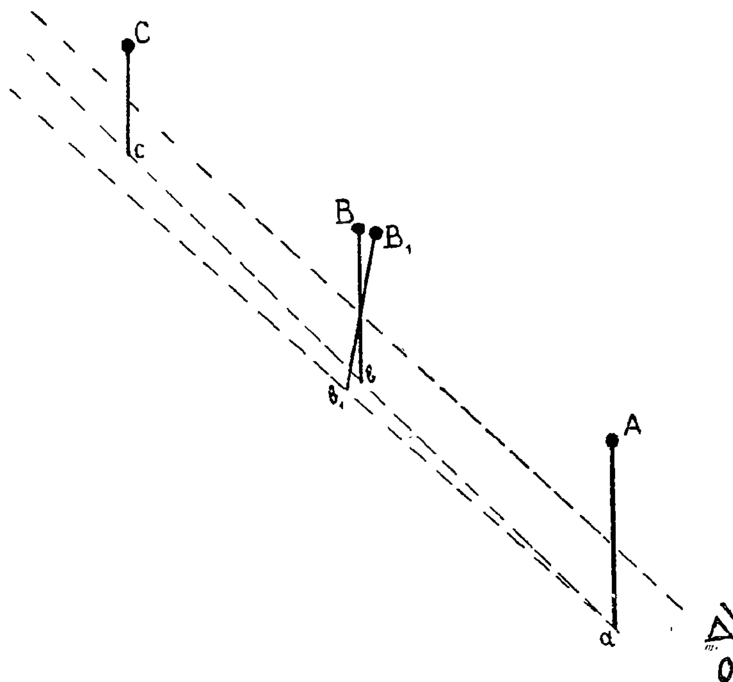
Osiągnięcie takich powierzchni nie jest trudne, należy więc stanowczo wymagać dokładnego wykonania.

Na powierzchni prostokąta wzdłuż osi walca ma być zrobiona rysa grubości m. w. 0,2 mm.

Kanty, gdzie się schodzą powierzchnie półkrążka, nie powinny być ścinane, lecz mają pozostać ostre; daje to możność bardziej precyzyjnego ustawienia krawędzi półkrążka wzdłuż osi $X'X$, wykreślonej na kartce papieru.

3) *Celownik szpilkowy.* Metoda szpilkowa przy swych wielkich zaletach posiada następujące dwie wady.

1. Wyobraźmy sobie (rys. 17) trzy szpilki *A*, *B* i *C* ustawione dokładnie prostopadle do płaszczyzny rozpiętej kartki papieru. Wyobraźmy sobie, że ustawiliśmy te szpilki tak, że oko *O*, znajdujące się w takiem położeniu, aby szpilka *A* przykryła mu szpilkę *B*, nie widzi również szpilki *C*. Oko patrzy m. w.

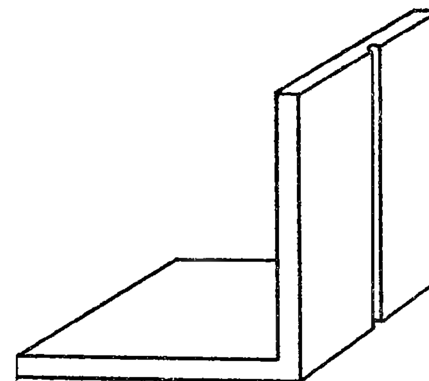


Rys. 17.

wzdłuż prostej przechodzącej przez środki szpilek. Jeśli środki pokrywają się dokładnie, t. j. są na jednej prostej i jeśli szpilki są dokładnie prostopadłe do powierzchni kartki, wówczas ślady *a*, *b* i *c* ukłuć tworzą również jedną prostą. I naodwrót, gdyby w tych warunkach środki szpilek nie leżały na jednej prostej, wówczas ślady *a*, *b* i *c* również nie leżałyby na jednej prostej. Otóż nagół, stosując metodę szpilkową, szpilki wpina się „na oko", więc gwarancja prostopadłości jest bardzo mała. Wyobraźmy sobie, że jedna ze szpilek, np. B_1, nie jest prostopadła do

płaszczyzny kartki papieru. Jeśli w tym wypadku środki szpilek wzajemnie się pokrywają, tworząc jedną prostą, wówczas ślady *a*, b_1 i *c* nie tworzą jednej prostej, a kierunek ab_1 nie przechodzi przez *c*. Na rysunku odchylenie B_1 od dokładnej prostopadłości jest przedstawione przesadnie, jednak zwykle bywa, tak, że faktycznie punkty *a*, b_1 i *c* nie leżą na jednej prostej.

2. Druga wada metody szpilkowej polega na tem, że oko nie widzi nigdy wyraźnie wszystkich trzech szpilek. Jeśli widzi wyraźnie szpilkę *C*, wówczas pozostałe widzi mętnie, co utrudnia dokładne ustawienie szpilek w kierunku prostym.



Rys. 18.

W celu usunięcia tych dwu wad zaproponowano użycie małego dodatkowego przyrządu [1], nazwanego celownikiem szpilkowym (rys. 18). Jest to kawałek grubej blachy (4 cm × 2 cm × 0,2 cm) zgiętej po środku pod kątem prostym, tak, że obie ściany są kwadratami (2 cm × 2 cm × 0,2 cm). Na jednej z tych ścian zrobiona jest szpara prostopadle do krawędzi. Szpara ta po środku ściany przecina ją nawylot, przy brzegach zaś dochodzi jedynie do połowy grubości ściany. Jeżeli patrzy się na szpilki przez taką szparę, to zarówno bliższe jak dalsze widać dostatecznie ostro. Tym sposobem usuwa się drugą wadę metody

[1] Pomysłu p. T. Gutkowskiego.

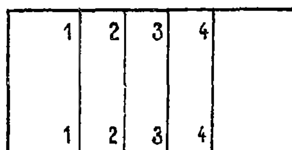
szpilkowej. Celownik ten służyć może również do usunięcia wady pierwszej: zamiast wpinać szpilkę bezpośrednio „na oko", stawiamy celownik na papierze tak, aby szpara przypadała w tem miejscu, gdzie ma być wpięta szpilka i wpinamy szpilkę wzdłuż szpary; tym sposobem wszystkie szpilki będą dokładnie prostopadłe do płaszczyzny papieru.

Ćwiczenie Nr. 10 (31).

Stwierdzenie stałości stosunku sinusów kątów padania i załamania. (Prawo załamania światła).

Przyrządy: półkrążek szklany, celownik szpilkowy, wstążka (pasek) papieru (długości 4—6 cm, szerokości m. w. dwa razy większej od wysokości walca), szpilka bardzo prosta lub igła, kartka papieru białego (m. w. 16 × 20 cm), linijka i ekierka z dokładnym kątem prostym lub dwie ekierki, ołówek dobrze zaostrzony (Nr. 3), podziałka, papier gumowany lub klej do papieru, plastelina.

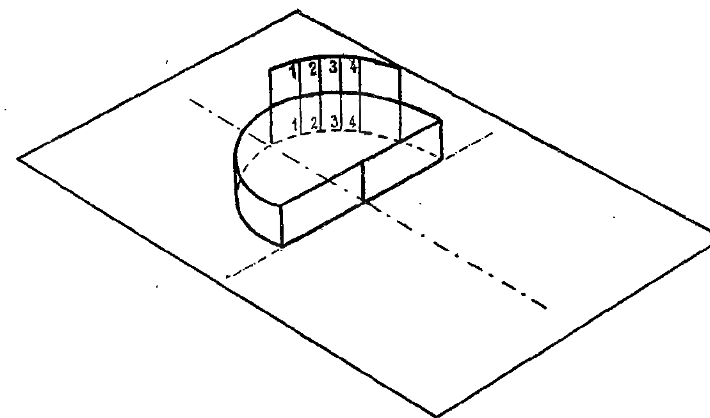
1) Na wstążce papierowej rysujemy kilka kresek prostopadłych do dłuższego brzegu wstążki i numerujemy je podwójnie, jak na rys. 19.



Rys. 19.

Wstążkę tę przyklejamy następnie do powierzchni walcowej półkrążka tak, by dolny brzeg wstążki przylegał do dolnego brzegu powierzchni walcowej. M. w. przez środek kartki papieru kreślimy dwie proste do siebie prostopadłe i stawiamy półkrążek tak, by brzeg powierzchni prostokątnej przylegał dokładnie do jednej z tych prostych, przyczem tak, żeby koniec rysy zrobionej na powierzchni prostokątnej przechodził dokładnie przez przecięcie się tych prostych. Ażeby uniknąć poruszenia się półkrążka podczas doświadczenia, umocowujemy go do kartki papieru zapomocą dwu małych kawałków plasteliny w miejscach, gdzie zbiegają się powierzchnie walcowa i prostokątna (rys. 20).

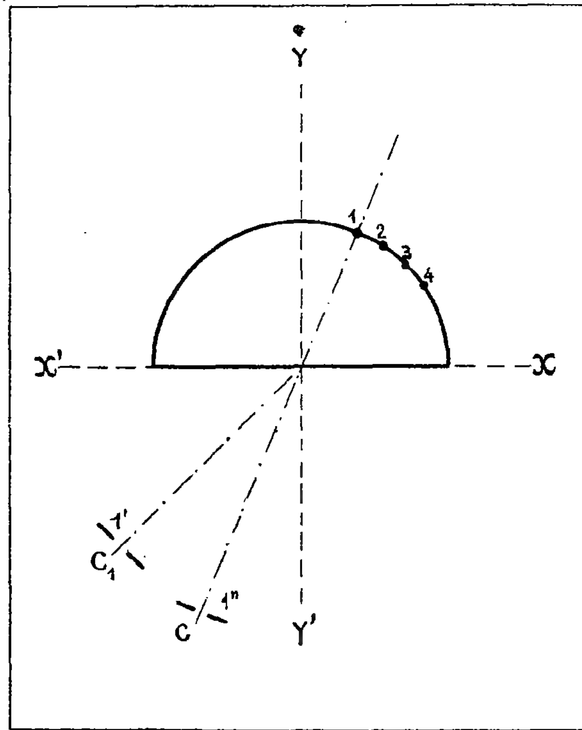
2) Patrzymy teraz przez szkło na kreski na wstążce papierowej. W tym celu ustawiamy oko tak, by rysa O zakryła kreskę 1, stawiamy przed okiem celownik szpilkowy C_1 tak, by rysa O przykrywała dokładnie połówkę kreski 1, widzianą w szkle (rys. 21). Nie poruszając z miejsca celownika, ustawmy wzdłuż jego szpary szpilkę i wetknijmy ją w papier; szpilka pozostawi ślad, wyznaczający kierunek 01' promienia wychodzącego ze szkła. Ażeby mieć kierunek 01 promienia w szkle, postępujemy,



Rys. 20.

jak następuje. Patrzymy na połówkę kreski ponad szkłem; ustawiamy mianowicie oko zaopatrzone w celownik C tak, by rysa O była przedłużeniem połówki kreski 1, widzianej nad szkłem. Nie ruszając celownika z miejsca, zaznaczamy jak poprzednio położenie szpary 1" na papierze. Wyznaczamy tym sposobem kierunek 10 biegu promienia w szkle. Nie ruszając półkrążka z miejsca, powtarzamy to dla kresek oznaczonych innemi liczbami, tak daleko jak się da.

3) Zdejmujemy półkrążek z papieru i z punktu O jako ze środka zataczamy koło możliwie dużym promieniem. Kreślimy proste 10, 1'0, 20, 2'0... Z punktów przecięcia się tych prostych z kołem prowadzimy prostopadłe do prostej $Y'Y$, mierzymy ich



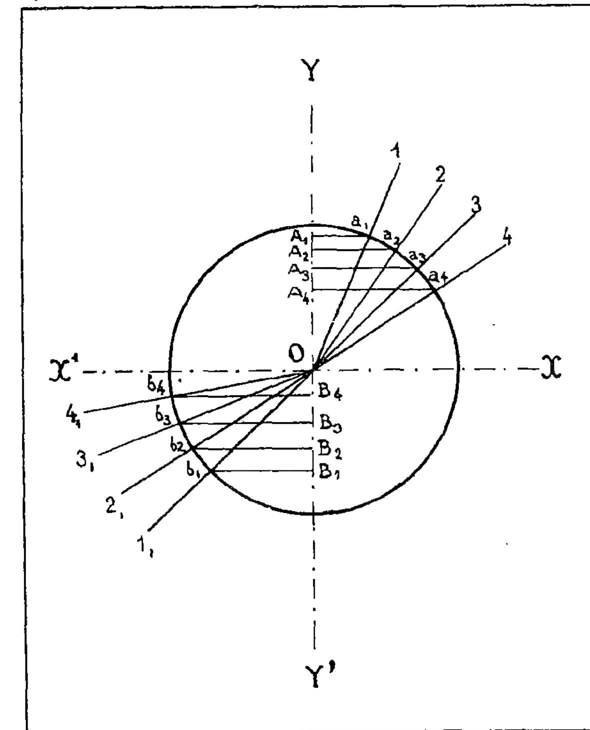
Rys. 21.

długości i zapisujemy do tabelki (rys. 22). Obliczamy również stosunek tych odcinków, notując otrzymane wyniki w tabelce. Średnia tych stosunków wynosi 1,50. Różnica pomiędzy otrzy-

	1	2	3	4	
Aa	26,5	37	46	55	mm
Bb	39,5	55	70	83	mm
Bb/Aa	1,49	1,49	1,52	1,51	

manemi wynikami a średnią tłumaczy się niedokładnością pomiarów.

4) Gdy uczniowie stwierdzą stałość stosunków *Bb/Aa*, dajemy określenie spółczynnika załamania.



Rys. 22.

Ćwiczenie Nr. 11.

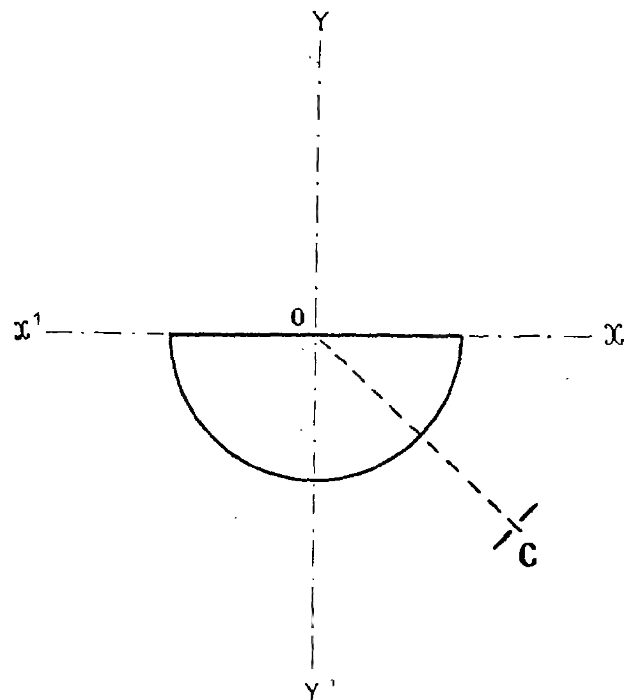
Odnajdywanie kąta granicznego odbicia całkowitego dla szkła.

Przyrządy: te same, co w ćwiczeniu poprzedniem, z wyjątkiem wstążki papieru; prócz tego szkiełko matowe, jeszcze jedna kartka papieru białego i lampka.

1) Kreślimy, jak poprzednio, dwie proste prostopadłe i przystawiamy, jak poprzednio, półkrążek do jednej z nich. Jeśli strona prostokątna krążka jest oświetlona światłem dobrze rozproszonem [1], jeśli przytem powierzchnia walcowa jest zwrócona

[1] Należy postawić przed półkrążkiem po stronie prostokąta białą kartkę papieru i oświetlić ją lampą.

w stronę ciemną, to patrząc się na powierzchnię prostokątną poprzez powierzchnię walcową, widzimy część tej pierwszej ciemną, część zaś jasną. Ustawiamy oko zaopatrzone w celownik *C* tak, by granica rozdzielająca cień od części jasnej, przypadała dokładnie na rysę *O*. Zaznaczamy kierunek *OC*, który daje graniczny kąt *Y'OC* całkowitego odbicia dla ośrodków: szkło-powietrze (rys. 23).



Rys. 23.

2) Bierzemy teraz szkiełko matowe, zwilżamy je wodą i przystawiamy do strony płaskiej półkrążka. Spostrzegamy wówczas zmianę kąta całkowitego odbicia. Wyznaczamy go jak poprzednio. Jest to kąt całkowitego odbicia dla ośrodków: szkło-woda. Stąd możemy znaleźć spółczynnik załamania wody.

Można powtórzyć to samo zwilżając szkiełko dowolną cieczą.

Ćwiczenie Nr. 12a (32).

Badanie soczewki.

Przyrządy: ława optyczna (długości od 1 do 1,5 metra) z dwiema podstawkami do soczewek, ekranem, źródłem światła i podstawką do przedmiotu; dwie soczewki skupiające, podziałka milimetrowa.

1) Ustawiamy przedmiot na zerze ławy, ekran umieszczamy na drugim końcu ławy. Soczewkę stawiamy w pobliżu przedmiotu i następnie oddalamy ją tak, by obraz przedmiotu wypadł wyraźnie na ekranie. Notujemy położenia przedmiotu, soczewki i ekranu w tabelce. Mierzymy wielkość przedmiotu i wielkość obrazu i notujemy je w tabelce. Zwracamy uwagę na to, że obraz jest odwrócony względem przedmiotu, co również notujemy.

Położenie przedmiotu .	0	0	0	0	0	0	0
„ soczewki .	24	35	44,3	67,8	88,2	105,5	123,5
„ obrazu . .	150	81,7	80,6	95,8	114	130	147,1
Wielkość przedmiotu .	1,2	1,2	1.2	1,2	1,2	1,2	1,2
„ obrazu . .	—6,3	—2,8	—1	—0,5	—0,35	—0,30	—0,25

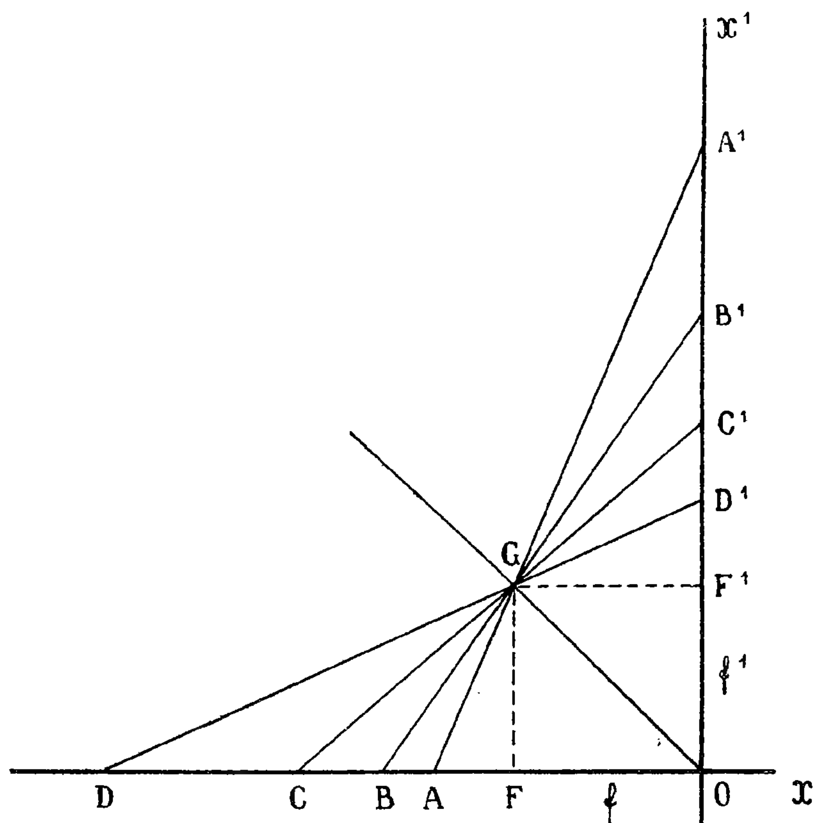
2) Następnie oddalamy cokolwiek soczewkę od przedmiotu; obraz na ekranie nie jest wyraźny. Przesuwamy teraz ekran tak, by obraz na nim był wyraźny. Notujemy znowu w tej samej tabelce nowe położenia przedmiotu, soczewki i obrazu — i t. d., póki starczy miejsca na ławie. Mierzymy również wielkość obrazu za każdym razem.

3) Z tabelki tej obliczamy odległość od soczewki do przedmiotu i od soczewki do obrazu. Pierwszą z nich oznaczamy literą x, drugą literą x'. W doświadczeniu tem kierunki odcinków x i x' są przeciwne (początek odcinków leży w soczewce). Przyjmiemy kierunek biegnącego światła za dodatni. Wówczas odcinki x są ujemne, x' zaś dodatnie. Umieścimy wartości x i x' w nowej tabelce, zaopatrując je znakami — i + :

x	—24	—35	—44,3	—67,8	—88,2	—105,5	—123,5
x'	126	46,7	36,3	28	25,8	24,5	23,6

4) Robimy teraz następujący wykres. Kreślimy dwie osie do siebie prostopadłe. Jedną z nich przyjmujemy za oś dla x, drugą za oś dla x'. Na osi Ox odmierzamy OA równe pierwszej wartości x, na osi Ox' — OA', równe pierwszej wartości x'. Łączymy punkty A i A'. Powtarzamy to samo dla pozostałych par wartości x i x'. Doświadczenie powinno stwierdzić, że wszystkie proste AA', BB'... przecinają się w jednym punkcie G, leżącym na dwusiecznej kąta II-ej ćwiartki (rys. 24, 25).

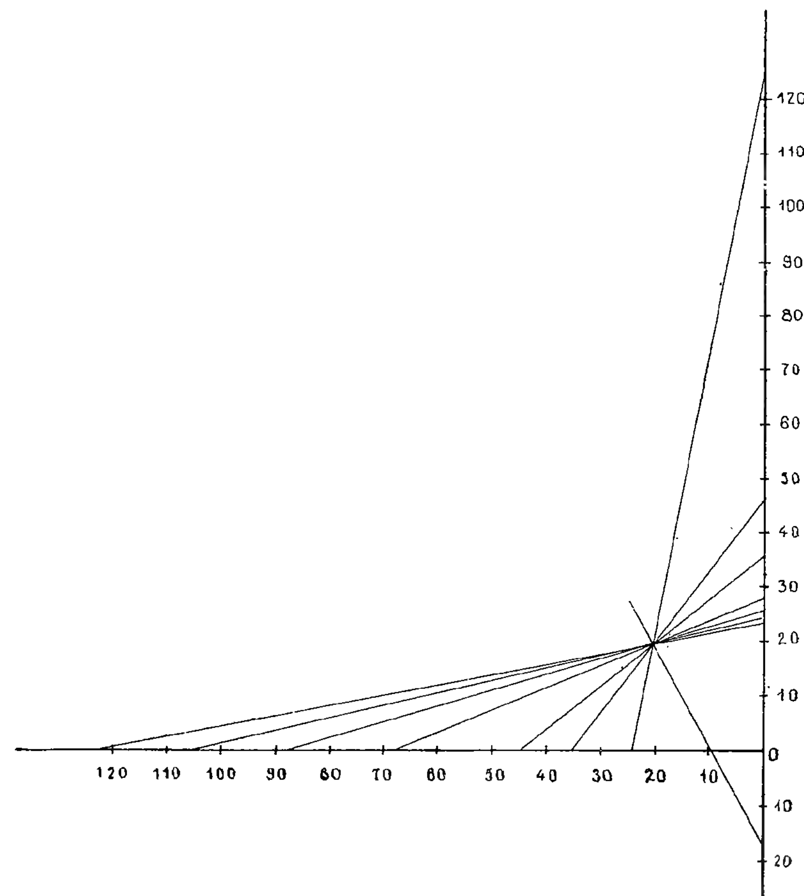
5) Druga część ćwiczenia polega na porównaniu wielkości



Rys. 24.

Skala: 1 dm — 1 cm na wykresie.
(Papier milimetrowy).

obrazu i przedmiotu ze sobą. Oznaczmy wielkość przedmiotu przez y, obrazu zaś przez y'. Kierunek przedmiotu przyjmujemy za dodatni. Wobec tego, że obraz jest zwrócony w stronę przeciwną do przedmiotu, y' jest w naszem ćwiczeniu ujemne. Następnie dla pierwszego położenia przedmiotu, soczewki i obrazu znajdujemy stosunki $\frac{y'}{y}$ i $\frac{x'}{x}$ i umieszczamy je w tabelce:



Rys. 25.

Uwaga. Zbieżność prostych nie jest zupełnie dokładna, ponieważ pomiary nie były całkiem ścisłe.

$\frac{y'}{y}$	5,2	2,3	0,83	0,42	0,29	0,25	0,21
$\frac{x'}{x}$	5,2	2,3	0,82	0,41	0,29	0,23	0,18

Powtarzamy to samo dla pozostałych położeń.

Doświadczenie stwierdza równość stosunków $\frac{y'}{y}$ i $\frac{x'}{x}$.

Dyskusja na lekcji teoretycznej powinna wskazać, że gdy punkt A oddala się od F, wówczas A' zbliża się do F' i naodwrót. Wprowadza się określenie ogniska przedmiotowego F i obrazowego F', oraz ogniskowej przedmiotowej f i obrazowej f' (rys. 24).

Dalsza dyskusja wyników otrzymanych na podstawie doświadczenia powinna nasunąć przypuszczenie, że gdy punkt A leży między O i F, wówczas obraz powinien być po stronie ujemnej, t. j. urojony, gdyż wówczas prosta AG przecina oś Ox' w dole. Przypuszczenie takie wymaga potwierdzenia doświadczalnego.

Na lekcji teoretycznej powinny być rozwiązane zapomocą wykresu takiego jak na rys. 25 (bez wyliczeń) następujące zagadnienia:

1. Mając ogniskową i położenie przedmiotu względem soczewki, znaleźć położenie obrazu względem soczewki.

2. Mając ogniskową i położenie obrazu względem soczewki, znaleźć położenie przedmiotu względem soczewki.

3. Mając położenie przedmiotu i obrazu względem soczewki, znaleźć ogniskową soczewki.

Następne ćwiczenie powinno być poświęcone sprawdzeniu zrobionego wyżej przypuszczenia.

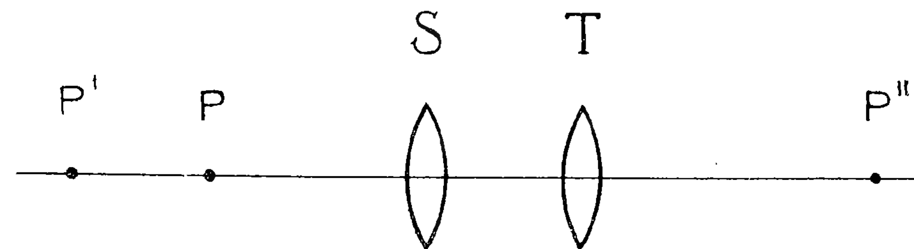
Ćwiczenie Nr. 12b.

Przyrządy: te same co w ćwiczeniu poprzedniem; prócz tego jeszcze jedna soczewka z podstawką.

1) Należy przedewszystkiem sprawdzić, że rozpatrywany obraz jest urojony.

Obraz urojony nie da się uchwycić na ekran. Aby znaleźć jego położenie, postąpimy w sposób następujący.

Soczewka badana S (rys. 26) daje obraz urojony P' przedmiotu P; stawiamy drugą soczewkę T o znanej odległości ogniskowej tak, by otrzymać obraz P'' na ekranie. Dla soczewki T przedmiotem jest P'. Wykres da łatwo położenie P' względem T; jeśli zmierzymy odległość $S\,T$, otrzymamy położenie P' względem S i będziemy mogli stwierdzić słuszność przypuszczenia zrobionego na lekcji teoretycznej.



Rys. 26.

Można byłoby otrzymać to samo również zapomocą soczewki T, której odległość ogniskowa nie jest znana. Postępujemy początkowo jak poprzednio, by otrzymać obraz P''. Następnie usuwamy soczewkę S, notując przedtem jej położenie. Nie ruszając ani soczewki T, ani ekranu, na którym był przed chwilą obraz P'', przesuwamy przedmiotem P tak, by obraz jego wypadł wyraźny na ekranie. Nowe położenie przedmiotu daje właśnie położenie pierwotne obrazu P'.

2) Niezależnie od tego w jaki sposób znajdziemy położenie P', możemy znaleźć jeszcze wielkość obrazu P''. Z wyliczenia możemy znaleźć wielkość P', a tem samem sprawdzić, że i w wypadku obrazu urojonego stosunki $\frac{y'}{y}$ i $\frac{x'}{x}$ są równe. Np. znaleziono w ten sposób pośrednio dla obrazu urojonego przy $x = -9{,}2$; $x' = -17{,}5$; $y' = 24$ następujące wartości stosunków:

$$\frac{x'}{x} = 1{,}9; \quad \frac{y'}{y} = 2.$$

D. ELEKTRYCZNOŚĆ I MAGNETYZM.

Uwagi ogólne o ćwiczeniach z elektryczności i o używanych do nich przyrządach.

Ćwiczenia z dziedziny elektryczności wymagają przyrządów dość kosztownych, co sprawia, że są mniej rozpowszechnione, niż ćwiczenia z innych działów fizyki, lub też są prowadzone w postaci bardzo prymitywnej. Istnieje tu wielka rozpiętość możliwej do osiągnięcia dokładności pomiarów w zależności od dobroci i ceny przyrządów. Przy środkach ograniczonych lepiej organizację ćwiczeń z tego działu rozłożyć na kilka lat, niż nabywać przyrządy tanie, które w krótkim czasie staną się niezdatne do użytku.

A. Jedną z zasadniczych trudności przy organizowaniu ćwiczeń z elektryczności stanowi zapewnienie pracowni odpowiedniego *źródła prądu:* ma to być prąd stały o niewysokiem napięciu. Stacje miejskie dostarczają prądów o wyższem napięciu i to przeważnie zmiennych. Ogniwa galwaniczne mają duże opory wewnętrzne, przez co nie nadają się do zadań, wymagających silnych prądów lub małych oporów wewnętrznych. Najodpowiedniejsze źródło stanowią *akumulatory.* Choć pożądane byłoby posiadanie po dwa akumulatory na każdy zespół ćwiczących, to jednak ze względów oszczędności powinien wystarczyć jeden; zato musi on posiadać pojemność nie mniejszą od 40 amp.-godz., gdyż tylko wtedy da się utrzymać przez dłuższy czas wystarczająco stałe natężenie prądów rzędu 1 amp., potrzebne do niektórych zadań. Do zadań takich nie można używać akumulatora bezpośrednio po naładowaniu, ponieważ wtedy w akumulatorze napięcie szybko opada.

Akumulatory wymagają starannego obchodzenia się z nimi i ścisłego przestrzegania dołączonych do nich wskazówek, w szczególności częstego i prawidłowego ładowania. Instalacje, pozwalające ładować akumulatory są dziś szeroko rozpowszechnione. Gdzie ich brak, a istnieje źródło prądu zmiennego, szkoła powinna być zaopatrzona w *prostownik lampowy.*

Bieguny dodatnie akumulatorów są z reguły oznaczone bądź znakiem +, bądź czerwoną farbą, bądź metalowym kołpaczkiem. W razie niepewności posługujemy się *papierem reakcyjnym.* W tym celu nasycamy bibułę do filtrowania roztworem alkoholowym fenolftaleiny z dodatkiem roztworu wodnego soli kuchennej, albo klajstrem z krochmalu z dodatkiem jodku potasu. Papier taki można przechowywać wysuszony; przed użyciem należy go zwilżyć. Końcami drutów, połączonych z biegunami ogniwa dotykamy jednocześnie skrawka papieru reakcyjnego w miejscach odległych od siebie o kilka milimetrów; fenolftaleina w zetknięciu z biegunem ujemnym barwi się na czerwono; krochmal w zetknięciu z biegunem dodatnim — na fijołkowo.

B. Najdroższe są przyrządy pomiarowe, służące do *mierzenia natężenia prądu;* dokładność ich w wysokim stopniu zależy od ceny. Względnie tanie przyrządy techniczne (cieplne) nie nadają się naogół do użytku szkolnego, ponieważ mają bardzo zwarty początek skali, obejmujący te właśnie natężenia, które są dla szkoły najważniejsze. Odpowiedniejsze są przyrządy elektromagnetyczne o skali jednostajnej, lecz naogół są one kosztowne, a ich urządzenie wewnętrzne jest najczęściej ukryte, co w tym wypadku jest niepożądane, szczególnie, gdy uczeń ma się dopiero zapoznawać z podstawami pomiarów elektrycznych. Ten typ miernika prądu nadaje się natomiast wybornie do cechowania innych przyrządów; to też szkoła powinna posiadać jeden *dobry wolt-ampermetr* elektromagnetyczny, t. j. dokładny amperomierz, który przez zastosowanie upustów i oporów dodatkowych daje się użyć również do mierzenia słabszych prądów oraz napięć.

Jako przyrząd dostatecznie czuły i dokładny, a jednocześnie bardzo pouczający można polecić *busolę stycznych:* unaocznia ona zasadę działania elektromagnetycznych mierników prądu; pozwala na wykonanie pomiaru bezwzględnego; czułość jej można zmieniać, używając uzwojeń o różnych liczbach zwojów.

Przy użyciu busoli należy przestrzegać następujących wskazówek:

1) *Umieszczenie busoli.* Stała busoli zależy od natężenia składowej poziomej magnetyzmu ziemskiego, a ta może ulegać zmianie wskutek obecności mas żelaznych, w szczególności magnesów i elektromagnesów. Wybierając więc miejsca na busolę, należy unikać bliskości dynamomaszyn, transformatorów i innych dużych mas żelaza. Ale i zwykłe żelaziwo, użyte przy

budowie gmachu, wpływa na rozkład pola w pracowni. Z tego powodu jest wskazane, aby każda busola była używana stale w jednem i tem samem miejscu pracowni. Stała powinna być starannie zmierzona przez samego nauczyciela dla każdej busoli oddzielnie; można to uskutecznić zapomocą dobrego amperomierza, a w razie jego braku zapomocą woltametru miedziowego (ob. ćw. Nr. 13). Z wymienionych względów należy unikać zbliżania do busoli większych przedmiotów żelaznych (statywy, opornice regulujące, klucze i scyzoryki w kieszeni).

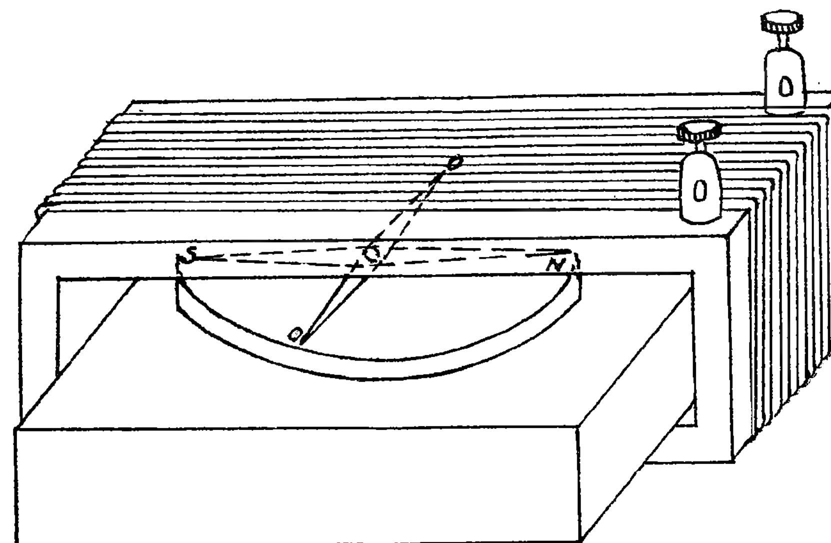
2) *Ustawienie busoli.* Wskazówka metalowa, przymocowana do igły magnetycznej, powinna w każdem położeniu unosić się jednakowo wysoko nad kołem podziałkowem i nigdy go nie dotykać; złe ustawienie busoli pod tym względem należy poprawić zapomocą śrub nastawczych w podstawie busoli.

Busola powinna być tak ustawiona, aby końce wskazówki po uspokojeniu się zatrzymywały się na zerze podziałki. Aby się przekonać, czy zwoje busoli leżą dokładnie w płaszczyźnie południka ziemskiego, przepuszczamy prąd, komutujemy i sprawdzamy, czy wychylenia w obie strony są jednakowe; jeśli nie, to obracamy ruchomą część busoli (uzwojenie, lub pudełko z podziałką) tak, aby skompensować połowę błędu; próbę powtarzamy, póki nie osiągniemy równości wychyleń.

3) *Obciążenie.* Czułość busoli jest proporcjonalna do sin 2α, jest zatem największa przy wychyleniu o 45^0; najkorzystniej jest używać prądów, powodujących wychylenia bliskie 45^0. Czułość zmniejsza się w miarę, jak wychylenia stają się większe lub mniejsze od tego kąta; jeśli jednak trzymają się one w granicach od 25^0 do 65^0, czułość maleje nie więcej niż o 25%. W tych granicach, obejmujących prądy, zmieniające się w stosunku prawie 1 : 5, można używać busoli bez zastrzeżeń. Używając różnych uzwojeń, np. o 4, 16, 24 i 40 zwojach, można busolą o promieniu 25 cm mierzyć prądy od 0,04 do 1,7 amp. Stała busoli nie jest ściśle proporcjonalna do liczby zwojów (różne promienie), należy ją więc mierzyć dla każdego uzwojenia oddzielnie; przy ćwiczeniach używa się prawie wyłącznie uzwojeń najmniejszej czułości (4 zwoje), pozwalających mierzyć prądy rzędu 1 amp.

4) *Odczytanie.* Skala busoli jest najczęściej zaopatrzona w zwierciadło w celu uniknięcia błędów paralaksy. Aby uniknąć

błędów zależnych od złego ustawienia busoli lub od usterek samego przyrządu, należy: a) odczytywać położenie obu końców wskazówki, b) komutować prąd i odczytywać wychylenia w obu kierunkach. Całkowity pomiar natężenia prądu składa się więc z 4 odczytań, z których obliczamy wartość średnią wychylenia. Przed odczytaniem należy parokrotnie lekko stuknąć w wieczko busoli, aby ułatwić igle ustawienie się we właściwem położeniu.



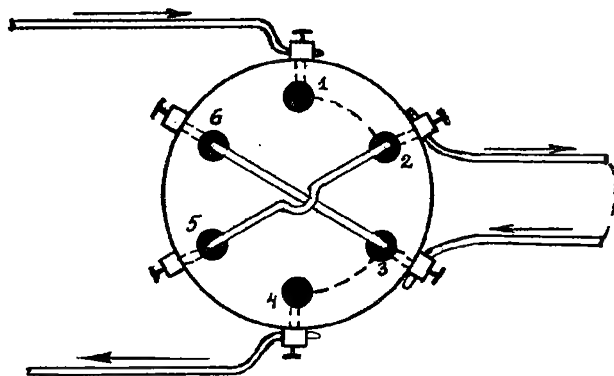
Rys. 27.

C. Dla mierzenia prądów bardzo słabych (np. przy mostku Wheatstone'a) posługujemy się czułemi *galwanoskopami.* Można polecić, jako bardzo prosty, niekosztowny, a dostatecznie czuły, przyrząd wyobrażony na rys. 27. Składa się on z ramki drewnianej, nawiniętej drutem; w ramkę wsuwa się deseczkę z wpuszczoną w nią zwykłą busolą (średnica busoli nie mniejsza od 8 cm). Igła busoli jest zaopatrzona, podobnie jak w busoli stycznych, we wskazówkę aluminjową (glinową), umieszczoną prostopadle do igły. Biorąc ramki z różnemi liczbami zwojów, można zmieniać czułość przyrządu.

D. *Przyrządy pomocnicze.*

1. *Przełącznik rtęciowy* (komutator) (rys. 28). Przewody od źródła prądu doprowadzamy do kontaktów 1 i 4, w których tkwią nóżki ruchomego pałąka; kontakty 2 i 3 łączymy z przyrządem, w którym prąd ma być komutowany. Pochylenie pałąka w jedną lub drugą stronę wytwarza połączenie 1 — 2 i 4 — 3, albo 1 — 6 — 3 i 4 — 5 — 2. Przy położeniu środkowem pałąka obwód jest niezamknięty.

2. *Opornice zatyczkowe* powinny mieć cewki widoczne, aby uczeń mógł widzieć połączenia; dla celów szkolnych wystarczają opornice z cewkami od 1 do 20 omów. Opornic zatycz-



Rys. 28.

kowych nie wolno używać do silnych prądów, gdyż grozi to przepaleniem uzwojeń, w szczególności nie wolno używać ich jako opornic regulujących.

3. *Opornice do sprawdzania prawa Ohma.* Najlepiej, gdy są zrobione z drutów prostych, naciągniętych w zygzak na ramę, tak, aby można było łatwo zmierzyć długość drutu. Używamy drutów stalowych (lub żelaznych) o średnicach 0,25 i 0,5 mm, oraz manganinowych (lub nikielinowych) o średnicach 0,5 i 1 mm. Długość każdego drutu 4 m. Druty cieńsze z każdego metalu powinny mieć szereg zacisków, pozwalających na włączanie 1, 2 lub 4 m drutu.

Taki komplet 4 ram wystarcza na 2 zespoły ćwiczące. Każdy zespół otrzymuje 2 ramy z drutami z tego samego metalu

i na nich sprawdza zależność oporu od długości i przekroju. W celu porównania oporów właściwych zespoły wymieniają pomiędzy sobą druty o jednakowych średnicach (0,5 mm).

4. Tak zw. *mostek Wheatstone'a* stanowi drut o mało zmiennym oporze (manganina), naciągnięty wzdłuż skali prostolinjowo lub na obwodzie koła. Po drucie przesuwa się ruchomy kontakt; należy uważać, aby kontakt dobrze przylegał do drutu i aby ramka, w której jest umieszczony, pozwalała na wygodne i pewne odczytywanie skali. Końce drutu i kontakt są zaopatrzone w zaciski. Wszelkie inne zaciski, choć dogodne przy łączeniu, w przyrządach szkolnych są niepożądane, ponieważ uniemożliwiają przejrzyste ustawienie przyrządów według schematu połączeń.

5. *Spiralka do prawa Joule'a* (rys. 29) z drutu manganinowego (lub chromo-nikielinowego) powinna mieć opór około 3,5 Ω pomiędzy końcowemi zaciskami *a* i *b;* drut od trzeciego zacisku *e* dzieli spiralkę na dwie nierówne części o oporach mniej więcej $r_1 = 2\ \Omega$ i $r_2 = 1{,}5\ \Omega$. Całość jest przymocowana do pokrywki izolującej, którą można nakryć naczynie wewnętrzne kalorymetru; w środku płytki znajduje się otwór dla przesunięcia termometru.

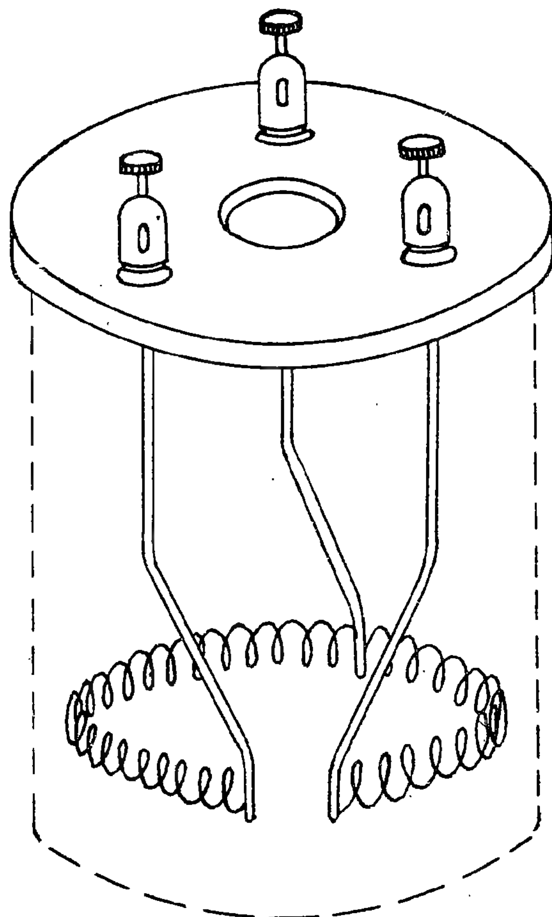
Do wykonania ćwiczenia potrzebny jest opór dodatkowy R taki, aby było $r_1 = r_2 + R$. Opór R powinien mieć zaciski podwójne, aby można było łatwo wyłączać go, zwierając zapomocą krótkiego, grubego drutu lub blaszki.

6. *Przewody łączące* najlepiej robić z plecionego izolowanego drutu, pociętego na kawałki długości 60 cm. Dobrze jest dolutować do końców każdego przewodu końcówki takie, jak na rys. 30, umożliwiające dołączenie do kontaktów każdej postaci. Część przewodów powinna mieć obie końcówki *a*, część obie końcówki *b*, część — jedną końcówkę *a* i jedną *b;* dogodnie jest kolorem izolacji odróżnić od siebie te trzy rodzaje przewodów.

E. *Spis przyrządów* do czterech ćwiczeń, których opis podany jest poniżej (przyrządy, należące zasadniczo do innych działów fizyki, są w tym spisie opuszczone).

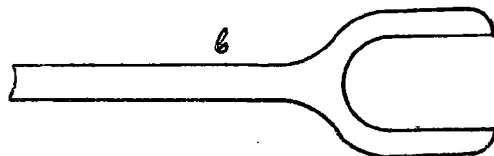
a. *Po jednym przyrządzie na każdy zespół ćwiczących:*

1. Akumulator o pojemności około 40 amp-godz.
2. Busola stycznych.



Rys. 29.





Rys. 30.

3. Galwanoskop.
4. Opornica zatyczkowa.
5. Przełącznik rtęciowy (komutator).
6. Klucz sprężynowy.
7. Mostek Wheatstone'a.
8. Woltametr miedziowy.
9. Dwie opornice do prawa Ohma.
10. Spiralka do prawa Joule'a z oporem dodatkowym.
11. Osiem przewodów do łączenia.

b. Po jednym dla całej pracowni:

12. Wolt-ampermetr.
13. Pipeta z areometrem do mierzenia gęstości kwasu w akumulatorach.
14. Opornica z żarówek do regulowania prądu ładującego akumulatory albo prostownik lampowy.

F. Wymienione przyrządy służą do następujących czterech *ćwiczeń zasadniczych:*

1. Cechowanie busoli stycznych zapomocą woltametru miedziowego (39).
2. Sprawdzenie prawa Ohma (36).
3. Mierzenie oporów metodą mostka Wheatstone'a (37).
4. Sprawdzenie prawa Joule'a (38).

Dane zad. 1 mogą nadto posłużyć w dalszym ciągu kursu do obliczenia składowej poziomej magnetyzmu ziemskiego (47).

Zapomocą tego samego kompletu przyrządów można przeprowadzić jeszcze dalsze cztery ćwiczenia, a mianowicie:

5. Mierzenie spadku napięcia wzdłuż przewodu z prądem (44).
6. Łączenie szeregowe i równoległe oporów (43).
7. Pomiar oporu wewnętrznego ogniwa (45).
8. Pomiar siły elektrobodźczej metodą kompensacji (46).

Ćwiczenie Nr. 13 (39).

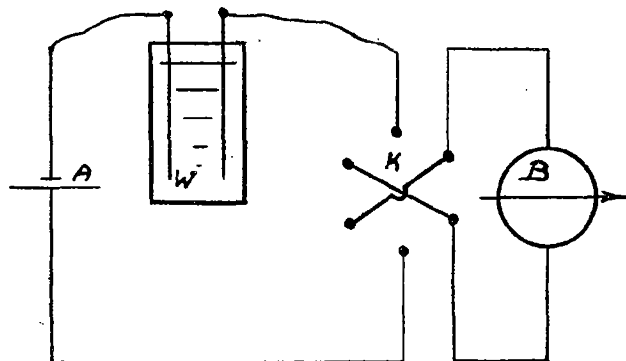
Cechowanie busoli stycznych zapomocą woltametru miedziowego.

Uwaga. Zadanie to można traktować jako stwierdzenie I prawa Faraday'a (zależność masy osadzonej miedzi od czasu i od natężenia prądu), lub jako wyznaczenie elektrochemiczne-

go równoważnika miedzi; w tym wypadku należy podać uczniom wartości stałych busoli (ob. uw. og. B1).

A. Niezbędne *przyrządy:* akumulator *(A)*, busola stycznych *(B)*, przełącznik rtęciowy *(K)*, woltametr miedziowy *(W)*, przewody łączące; prócz tego: roztwór 10% siarczanu miedziowego, waga i odważniki, zegarek z sekundnikiem, bibuła do filtrowania, papier szmerglowy (średniej grubości).

B. 1) Połączyć przyrządy według schematu (rys. 31). Ustawić busolę (ob. uw. og. B2); włączyć do obwodu uzwojenie o 4 zwojach. Po wyjęciu katody z woltametru napełnić go 10% roztworem siarczanu miedziowego.



Rys. 31.

Uwaga. Jeśli przy próbie ćwiczenia okaże się, że gęstość prądu przekracza 0,5 amp. na dm^2 powierzchni katody, należy zmniejszyć natężenie prądu przez włączenie w obwód opornicy regulującej (zdaleka od busoli, ob. uw. og. B1).

2) Katodę, o ile była wilgotna, osuszyć, oczyścić starannie papierem szmerglowym i zważyć możliwie najdokładniej (conajmniej z dokładnością do 10 mgr.). Umieścić katodę w woltametrze przy otwartym komutatorze i włączyć ją do obwodu.

3) Patrzeć na sekundnik zegarka; gdy wskazówka mija kreskę 60 podziałki , zamknąć prąd przez pochylenie pałąka w komutatorze, zapisać godzinę i minutę. Gdy igła uspokoi się, odczytać położenie obu jej końców (ob. uw. og. B4). Następnie co 2 minuty komutować prąd przez szybkie przerzucenie pałąka na drugą stronę i odczytywać wskazania busoli.

4) Po upływie 20 — 30 minut, w chwili, gdy wskazówka sekundnika znów mija kreskę 60, przerwać prąd w obwodzie. Zanotować godzinę i minutę.

5) Odłączyć katodę, wyjąć, opłókać w czystej wodzie, ostrożnie osuszyć bibułą (bibułę przyciskać lekko, nie pocierając); pozostawić przez kilka minut w miejscu ciepłem i suchem dla zupełnego wyschnięcia; zważyć ponownie.

C. 1) Jak długo trwało doświadczenie? W jakich jednostkach należy wyrazić ten czas?

O ile zwiększyła się masa katody?

Jakie było średnie natężenie prądu? (równoważnik elektrochemiczny miedzi wynosi k — 0,000329 gr/amp.-sek).

Obliczyć średnią wartość kąta wychylenia busoli α.

Obliczyć stałą busoli C, posługując się wzorem $i = C \operatorname{tg}\alpha$.

2) Jakie błędy popełniamy przy tym pomiarze? Który z nich najbardziej, a który najmniej wpływa na dobroć wyniku? (obliczyć procentową wartość każdego błędu).

Przykład.

Masa katody przed doświadczeniem $m_1 = 123{,}025$ gr.
Początek doświadczenia $t_1 = 11^h\ 36^m$
Wychylenia busoli:

27,0	26,0	28,2	27,0	27,6	26,0	27,0	26.2	27.4	26,2
27,4	26,4	28,8	27.8	28,0	26,4	27,6	26,8	28,0	26,2

Średnie wychylenie $\alpha = 27{,}1^0$.

Koniec doświadczenia $t_2 = 11^h\ 56^m$
Masa katody po doświadczeniu $m_2 = 123{,}200$ gr.
Masa osadzonej miedzi $m = m_2 - m_1 = 0{,}175$ gr.
Czas trwania pomiaru $t = t_2 - t_1 = 20\,\text{m} = 1200\,\text{sek.}$
Średnie natężenie prądu $i = \frac{m}{kt} = 0{,}443$ A.
Stała busoli $C = \frac{i}{\operatorname{tg}\alpha} = 0{,}87$

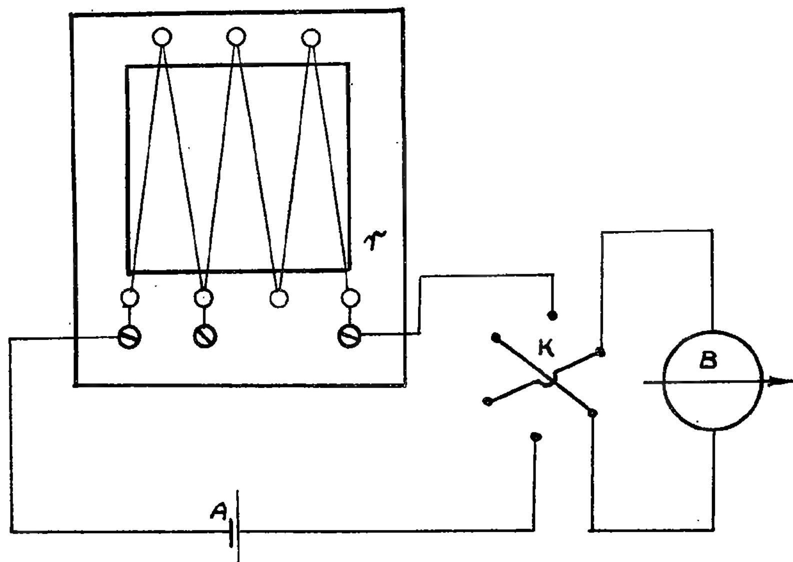
(Stała, znaleziona drogą cechowania busoli zapomocą dokładnego amperomierza, wynosiła 0,883).

Ćwiczenie Nr. 14 (36).

Sprawdzenie prawa Ohma.

Uwaga. Wykonanie tego zadania może wypełnić dwie lekcje dwugodzinne.

A. Niezbędne *przyrządy:* akumulator *(A)*, busola stycznych *(B)*, przełącznik rtęciowy *(K)*, komplet drutów, rozpiętych na ramkach *(r)* (ob. uw. og. D3), przewody łączące; prócz tego śruba mikrometryczna.



Rys. 32.

B. Połączyć przyrządy według schematu (rys. 32). Ustawić busolę (ob. uw. og. B2). Jako oporu użyć na początek ramki z drutem cieńszym (manganina 0,5 mm, stal 0,25 mm).

1) *Zależność natężenia prądu od siły elektrobodźczej.*

Włączyć całą długość drutu (l = 4 m) w obwód jednego akumulatora; zanotować 4 wychylenia busoli (ob. uw. og. B4) i obliczyć średnią.

Zamiast jednego akumulatora włączyć dwa szeregowo i powtórzyć pomiar. Obliczyć natężenie prądu i w obu wypadkach.

Obliczyć stosunek siły elektrobodźczej e włączonych ogniw, do natężenia i wzbudzonego przez nie prądu (siłę elektrobodźczą każdego akumulatora można przyjąć za równą 2 V).

Jaka wielkość pozostaje niezmieniona przy zmianie e i i? Jak tę wielkość nazywamy?

Uwaga. Jeśli pracownia rozporządza tylko jednym akumulatorem na każdy zespół, to do tej części ćwiczenia łączymy po 2 zespoły, lub też opuszczamy tę część, a określenie oporu $r = \frac{e}{i}$ dajemy uprzednio na lekcji.

2) *Zależność oporu przewodu od jego długości.* Włączyć kolejno (przy jednym akumulatorze) długości l = 1, 2 i 4 m rozpiętego drutu. Za każdym razem notować 4 wychylenia busoli, obliczyć natężenie prądu i oraz opór włączonego przewodu $r = \frac{e}{i}$.

Jak zmienia się r w zależności od l? Obliczyć stosunek $\frac{r}{l}$ dla każdego pomiaru. Co można powiedzieć o tych liczbach?

3) *Zależność oporu przewodu od jego przekroju.* Powtórzyć pomiar, biorąc drut z tego samego metalu, lecz o większej średnicy (manganina 1 mm, stal 0,5 mm) o długości 4 m i porównać z poprzednim pomiarem dla drutu cieńszego o tej samej długości.

Śrubą mikrometryczną zmierzyć dokładnie średnice drutów na luźnych końcach, powtarzając każdy pomiar kilkakrotnie. Obliczyć przekroje obu drutów.

Jak zależy opór przewodu r od jego przekroju s? Obliczyć iloraz rs; co można powiedzieć o tych liczbach?

4) Dla wszystkich pomiarów pod p. 2 i 3 obliczyć wyrażenia $\rho = \frac{rs}{l}$. Obliczyć średnią ze wszystkich otrzymanych wartości ρ.

5) *Zależność oporu od tworzywa (materjału) przewodu.*

Powtórzyć pomiar, biorąc przewody tych samych rozmiarów (l = 4 m, d = 0,5 mm), lecz z innych metali. Dla każdego z nich obliczyć ρ. Dla którego z nich ρ ma większą wartość? ρ nazywamy oporem właściwym.

Jaki opór miałby przewód o długości $l = 1$ m i przekroju $s = 1$ mm²?

C. Czy wartości wyrażeń $\frac{rs}{l}$ są jednakowe dla wszystkich zmierzonych przewodów?

Czy można dostrzec jaką prawidłowość w odchyleniach tych wartości?

Czem to można wytłumaczyć? Co zaniedbano, obliczając opór przewodu jako stosunek $\frac{e}{i}$?

Jakie są jeszcze inne źródła błędów w powyższych pomiarach?

Przykład. Stała busoli $C = 0,883$.

Napięcie akumulatora $e = 2$ V.

1) Przewód z manganiny $d = 0,5$ mm, $l = 4$ m.

Siła elektrobodźcza e V	Wychylenie busoli α				Średnia	Nat. prądu i A	Opór $\frac{e}{i} = \Omega$
2 V	13,2	13,4	13,1	13,4	13,3	0,208	9,6
4 V	25,2	25,8	24,2	24,8	25,0	0,412	9,7

2) Przewód z manganiny o średnicy $d = 0,50$ mm; przekrój $s = 0,196$ mm².

Długość l m	Wychylenia busoli α				Średnia	Nat prądu i A	Opór $r = \frac{e}{i} \Omega$	$\frac{r}{l}$	$\rho = \frac{r}{l} s$
1	42,4	43,0	41,0	41,8	42,05	0,796	2,51	2,51	0,492
2	24,6	25,0	24,3	24,5	24,6	0,404	4,95	2,48	0,486
4	13,2	13,4	13,1	13,4	13,3	0,208	9,61	2,40	0,470

3) Przewód z manganiny o długości $l = 4$ m.

Średnica d mm	Przekrój s mm²	Wychylenia busoli α				Średnia	Nat prądu i A	Opór $r = \frac{e}{i} \Omega$	rs	$\rho = \frac{r}{l} s$
0,5	0,196	13,2	13,4	13,1	13,4	13,3	0,208	9,61	1,88	0,470
0,99	0,77	42,2	43,0	40,8	41,4	41,85	0,791	2,53	1,95	0,488

4) Średnia wartość oporu właściwego manganiny $\rho = 0,484$.

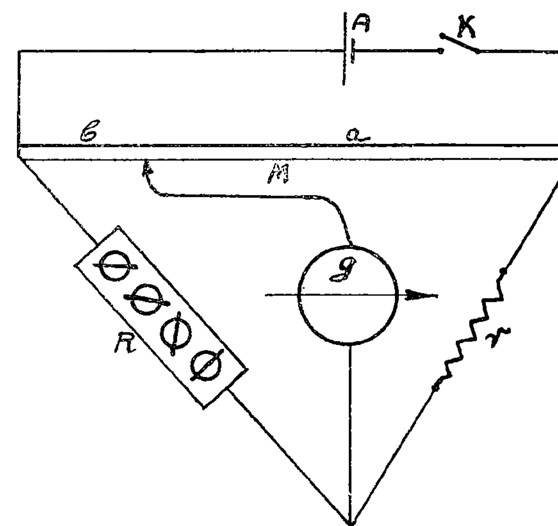
5) Druty długości $l = 4$ m. o średnicy około 0,5 mm.

Tworzywo	Wychylenia busoli α				Średnia	Nat. prądu i A	Opór $r = \frac{e}{i} \Omega$	Średnica d mm	Przekrój s mm²	$\rho - \frac{r}{l} s$
Manganina	13,2	13,4	13,1	13,4	13,3	0,208	9,61	0,50	0,196	0,470
Stal	30,2	30,8	29,9	30,3	30,3	0,513	3,90	0,51	0,204	0,199

Ćwiczenie Nr. 15 (37).

Mierzenie oporów metodą mostka Wheatstone'a.

A. Niezbędne *przyrządy:* akumulator *(A)*, galwanoskop *(G)*, klucz *(K)*, mostek *(M)*, opornica zatyczkowa *(R)*, opory do mierzenia *(r)*, (jak w ćwicz. 14).



Rys. 33.

B. Połączyć przyrządy według schematu (rys. 33). Uważać, aby przyrządy były rozstawione przejrzyście! Galwanoskop ustawić tak, aby zwoje były równoległe do igły magnetycznej, i aby wskazówka zatrzymywała się na kresce 0 podziałki.

Uwaga. Jako oporów mierzonych r używamy tych samych ram z drutami, co w ćwicz. Nr. 14; dajemy uczniom do mierze-

nia przewody z tych samych metali, które badali w tamtem ćwiczeniu.

2) Ruchomy kontakt (suwak) ustawić w połowie mostka, w opornicy R włączyć kilka omów, zamknąć klucz. Przesuwać suwak, póki nie zostanie znalezione położenie, przy którem igła galwanoskopu wraca do pierwotnego położenia. Klucz należy przytem trzymać zamknięty tylko tak długo, jak to jest niezbędne dla pomiaru.

3) Obliczyć zgruba (pamięciowo), jaka jest wartość oporu r. W opornicy R włączyć taką całkowitą liczbę omów, jaka leży najbliżej obliczonej wartości.

4) Przesuwać suwak, póki nie zostanie znalezione położenie, w którem wychylenie igły jest dokładnie równe zeru. Sprawdzić to, zamykając i otwierając klucz: nie powinno to wcale wpływać na położenie igły galwanoskopu.

5) Odczytać długości a, b odcinków, na które ruchomy kontakt dzieli drut mostka; obliczyć opór mierzonego przewodu $r = R\frac{a}{b}$.

6) Powtórzyć pomiar dla różnych długości l i różnych przekrojów s przewodów. Obliczyć dla każdego opór właściwy ze wzoru $\rho = \frac{rs}{l}$

(Przekroje są znane z ćw. Nr. 14).

C. Z jaką dokładnością były wykonane pomiary oporów? Z czego głównie wynikają błędy przy obliczaniu oporu właściwego? Porównać wyniki z wynikami ćw. Nr. 14. Które są dokładniejsze? Skąd pochodzi różnica w wartościach oporu właściwego, znalezionych w obu ćwiczeniach?

Przykład.

Opór w opornicy $R\ \Omega$	Odcinki mostka		Opór mierzony	Średnica	Przekrój	Długość	Opór właść.	Średnia
				p r z e w o d u				
	a	b	$r = R\frac{a}{b}$	d mm	s mm²	l mm	$\rho = r\frac{s}{l}$	
2	539	461	2,34	0,50	1,196	1	0,459	
5	488	512	4,69	„	„	2	0,460	
7	507	493	7,20	„	„	3	0,470	0,463
9	516	484	9,59	„	„	4	0,470	
2	541	453	2,36	0,99	0,77	4	0,454	

Ćwiczenie Nr. 16 (38).

Sprawdzenie prawa Joule'a.

A. Niezbędne *przyrządy:* akumulator *(A)*, busola stycznych *(B)*, przełącznik rtęciowy *(K)*, spiralka *(r)* z oporem dodatkowym *(R)*, przewody łączące; prócz tego: kalorymetr o małej pojemności (Kal), waga, odważniki, termometr z podziałką na $^1/_{10}{}^0$ lub $^1/_5{}^0$, zegarek z sekundnikiem, statyw, płaskie naczynie z zimną wodą, terpentyna francuska [1]), bibuła.

Uwaga. Ćwiczenie to może wypełnić dwie lekcje dwugodzinne. Można je skrócić, polecając różnym zespołom wykonywać jednocześnie pomiary z różnemi oporami i różnemi prądami (jak w tekście) i zestawiając następnie wyniki, otrzymane przez poszczególne zespoły. Ćwiczenie to szczególnie wymaga starannego wykonania.

B. 1) Połączyć przyrządy według schematu (rys. 34). Ustawić busolę (ob. uw. og. B2).

2) Zważyć naczynie wewnętrzne kalorymetru, napełnić je w $^2/_3$ terpentyną (120 — 150 gr); zważyć ponownie. Znaleźć masę terpentyny; obliczyć wartość wodną W kalorymetru z terpentyną (ciepło właściwe czystej terpentyny 0,42 kal./gr. st.; dobrze jest sprawdzić jej czystość, mierząc uprzednio ciepło właściwe).

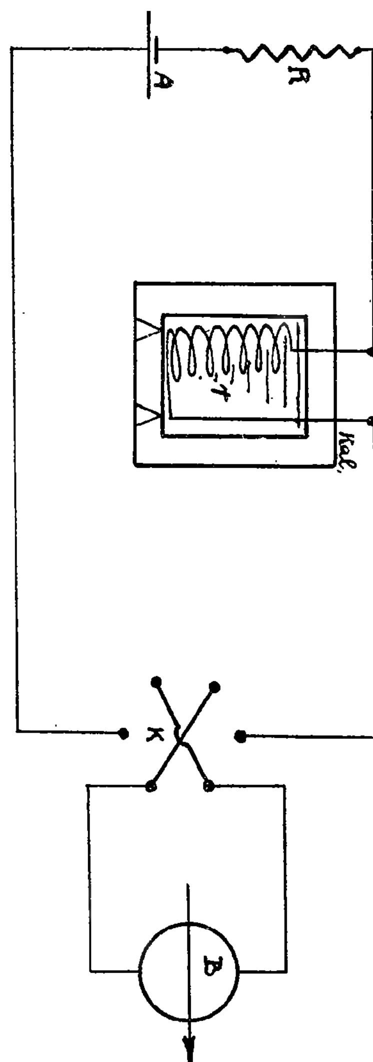
Przesunąć termometr przez otwór pokrywy kalorymetru i zamocować go w statywie tak, aby bańka nie dotykała dna, a była zupełnie zanurzona w cieczy.

Zależność ilości otrzymanego ciepła od oporu.

3) Włączyć w obwód (przy otwartym przełączniku) dłuższą z dwóch części, na które jest podzielona spiralka, o oporze r_1. Opór dodatkowy R zewrzeć krótkim drutem.

Zanotować chwilę włączenia prądu podobnie jak w ćwicz. Nr. 13. Przed samem włączeniem odczytać jak najdokładniej temperaturę t_p, przekonawszy się uprzednio mieszaniem cieczy w kalorymetrze, że wskazania termometru się nie zmieniają. Następnie komutować prąd co minuta, odczytując za każdym razem położenie obu końców wskazówki busoli (ob. uw. og. B4). Przez cały czas mieszać terpentynę w kalorymetrze, poru-

[1]) Zamiast terpentyny można brać naftę lub olej parafinowy.



Rys. 34.

szając powoli spiralkę w górę i nadół, tak, aby się przytem nie wychylała z cieczy.

Doświadczenie trwa dopóty, dopóki temperatura nie podniesie się mniej więcej o 2^0; czas trwania τ powinien obejmować

pełną parzystą liczbę minut (4 do 6). Gdy to nastąpi, przerwać prąd i zanotować czas. Po przerwaniu jeszcze mieszać, obserwując termometr; odnotować najwyższą kreskę podziałki t_k, do której wzniesie się słupek termometru.

Uwaga. Można na początku doświadczenia terpentynę nieco oziębić, tak aby miała temperaturę początkową o 1 — 2^0 niższą od otoczenia; potem ogrzewać ją przy pomiarze o tyleż samo ponad temperaturę otoczenia (ob. uw. wst. o pomiarach kalorymetrycznych).

Obliczyć ilość ciepła Q, pobranego przez kalorymetr $Q_1 = W\,(t_k - t_p)$. Obliczyć średnie wychylenie busoli α_1 i średnie natężenie prądu $i_1 = C.\ \mathrm{tg}\,\alpha_1$.

4) Włączyć krótszą część spiralki r_2 oraz opór dodatkowy R. Kalorymetr z terpentyną wstawić w płaskie naczynie z zimną wodą i ochłodzić ją do tej samej temperatury początkowej t_p. Po wyjęciu z wody ściankę zewnętrzną dobrze osuszyć bibułą.

Powtórzyć pomiar; czas trwania τ wziąć taki sam jak poprzednio. Natężenie prądu powinno pozostać niezmienione.

Obliczyć ilość ciepła Q_2 i średnie natężenie prądu i_2.

Jak zależy ilość ciepła, wywiązanego przez taki sam prąd w takim samym czasie, od oporu przewodu?

Obliczyć stosunki $\frac{Q_1}{Q_2}$ i $\frac{r_1}{r_2}$.

Zależność ilości otrzymanego ciepła od natężenia prądu.

5) Opór r_2 pozostawić, lecz R wyłączyć (zewrzeć). Pomiar powtórzyć; czas trwania τ taki sam, jak poprzednio.

Obliczyć ilość ciepła Q_3 i średnie natężenie prądu i_3.

Jaki jest stosunek $\frac{Q_3}{Q_2}$ ilości ciepła, otrzymanych w dwóch ostatnich doświadczeniach?

Jaki jest stosunek $\frac{i_3}{i_2}$ natężeń prądu? Czy stosunki te są równe?

Obliczyć stosunek kwadratów natężeń $\frac{i_3^2}{i_2^2}$.

Jak zależy ilość ciepła, wywiązana w tym samym czasie i w tym samym przewodzie, od natężenia prądu?

6) Jakim wzorem wyrazić zależność ilości ciepła Q od czasu τ, natężenia prądu i i oporu r?

Zestawić wartości Q, τ, r i i dla wszystkich trzech pomiarów. Dla każdego znaleźć wartość spółczynnika $k = \frac{Q}{i^2 r \tau}$.

Obliczyć wartość średnią.

C. Jakie błędy popełniamy przy tych pomiarach? Które z nich mogą najbardziej zaważyć na wynikach? Czy są pomiędzy błędami takie, które fałszują wynik zawsze w jednym i tym samym kierunku? Czy należy się spodziewać, że znaleziona wartość spółczynnika k jest większa, czy też mniejsza od prawdziwej?

Przykład.

Stała busoli $C = 0{,}990$

Masa kalorymetru $m_0 = 79{,}5$ gr.

" " z terpentyną $m_1 = 216{,}5$ gr.

" terpentyny m — 137,0 gr.

Wartość wodna kalorymetru $W = 0{,}093\, m_0 + 0{,}42\, m = 71{,}8 \frac{\text{kal.}}{\text{st.}}$

I. (3) Opór $r_1 = 2{,}12\ \Omega$.

Temperatura początkowa $t_p = 16^0\ 85$

Początek doświadczenia $\tau_p = 10^h\ 38^m$

Wychylenia busoli:

$\alpha =$	42,8	44,5	42,0	44,4	42,2	44,2	Średnia
	42,0	44,0	41,2	44,0	41,4	43,7	$\alpha_1 = 43^0{,}0$

$i_1 = 0{,}99 . \text{tg}\ 43{,}0 = 0{,}923$ A. $i_1^2 = 0{,}852$.

Koniec doświadczenia $\tau_k = 10^h\, 44^m$

Temperatura końcowa $t_k = 18^0 9$.

Czas trwania doświadczenia $\tau = 6$ min. $= 360$ sek.

Różnica temperatur $t_k - t_p = 2^0{,}05$.

Wydzielona ilość ciepła $Q_1 = W(t_k - t_p) = 71{,}8 . 2{,}05 = 147{,}2$ kal.

II. (4) Opór $r_2 = 1{,}51\ \Omega$.

$\tau_p = 10^h\, 58^m$ $t_p = 16^0,\ 85$

$\alpha =$	42,9	43,5	41,9	42,9	43,0	43,3	Średnia
	42,1	42,7	42,7	42,6	42,3	42,7	$\alpha_2 = 42^0{,}7$

$i_2 = 0{,}913$ A. $i_2^{\,2} = 0{,}834$

$\tau_k = 11^h 04^m$ $t_k = 18^0{,}95$

$\tau = 6$ m $= 360$ sek. $t_k - t_p = 1^0{,}5$

$Q_2 = 71{,}8 . 1{,}5 = 107{,}7$ kal.

Stosunki $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{147{,}2}{107{,}7} = 1{,}35;$ $\frac{r_1}{r_2} = \frac{2{,}12}{1{,}51} = 1{,}40$

III. (5) Opór $r_2 = 1{,}51\ \Omega$.

$\tau_p = 11^h 22^m$ $t_p = 17^0 0$

$\alpha =$	51,0	51,5	51,0	51,0	50,5	51,3	Średnia
	51,5	50,8	51,5	50,3	51,2	50,5	$\alpha_3 = 51{,}^0 0$

$i_3 = 1{,}222$ A. $i_3^2 = 1{,}494$

$\tau_k = 11^h\, 28^m$ $t_k = 19^0{,}65$

$\tau = 6$ m $= 360$ sek. $t_k - t_p = 2^0{,}65$

$Q_3 = 71{,}8 .\ 2{,}65 = 190{,}2$ kal.

Stosunki: $\frac{Q_3}{Q_2} = 1{,}77;$ $\frac{i_3}{i_2} = 1{,}34;$ $\frac{i_3^2}{i_2^2} = 1{,}79$

6. Zestawienie:

	Q	τ	$\frac{Q}{\tau}$	r	i	i^2	$k = \frac{Q}{i^2 r \tau}$	Średnia
I.	147,2	360	0,409	2,12	0,923	0,852	0,226	
II.	107,7	360	0,301	1,51	0,913	0,834	0,237	0,232
III.	190,2	360	0,528	1,51	1,222	1,494	0,234	

3. WSKAZÓWKI DODATKOWE DLA WYTWÓRCÓW PRZYRZĄDÓW DO ĆWICZEŃ Z FIZYKI[1]).

1. *Katetometr.* Listwę należy dać dłuższą, niż 1 m, ponieważ przyrząd ma służyć do mierzenia odległości co najmniej 1 metra. Błąd w odczytaniu różnicy poziomów nie powinien przekraczać 0,5 mm (połówki milimetra będą odczytywane na oko). Podstawa masywna, z dwiema śrubami do regulowania pionu. Listwa z podziałką milimetrową. Najistotniejszym warunkiem jest zachowanie położenia prostopadłego wskazówki do listwy bez względu na jakiekolwiek przesunięcia.

---

[1]) Należy zapoznać się również z opisem ćwiczeń, zwłaszcza z uwagami wstępnemi, poprzedzającemi te opisy.

2. *Równia pochyła.* Długość równi 150 cm, szerokość 10—15 cm; równia ma posiadać podziałkę centymetrową i odpowiedni uchwyt na bloczek. Masa wózka ściśle 500 gr; wózek ma mieć otworek lub haczyk do uwiązania nitki i ma być zaopatrzony we wskazówkę, przesuwającą się wraz z nim względem podziałki równi. Bloczek i szalka aluminjowe; szalka o masie 10 gr, z trzema otworkami po brzegach (do uwiązania nitek). Pożądane pudełko na dodatkowe części równi. Nadto przyrząd powinien odpowiadać następującym warunkom: 1-o, płaszczyzna równi ma być dokładnie płaska i dobrze wygładzona (można użyć dwu równoległych do siebie szyn żelaznych); 2-o, tarcie kółek u wózka i bloczka ma być minimalne.

3. *Ława optyczna.* Należy ją wykonać w ten sposób, aby oprócz ćwiczeń wymienionych w opisie można było przy jej pomocy, dołączając odpowiednie części dodatkowe, robić ćwiczenia ze zwierciadłami kulistemi oraz ćwiczenia fotometryczne. Oprawy do soczewek mają być tak zrobione, by środek otworu na soczewkę, środek przedmiotu i środek ekranu leżały naprzeciwko siebie — tak, aby nie było potrzeby regulować przez podnoszenie, opuszczanie lub przesuwanie. Dokoła otworu na soczewkę mają się znajdować w oprawach dość szerokie przysłony.

4. *Półkrążek szklany.* Powierzchnie walcowe na szkle można otrzymać bardzo dokładnie sposobem następującym. Robimy korytko z kawałka mosiądzu, którego powierzchnia wklęsła miałaby krzywiznę równą krzywiźnie półkrążka. Kilka półkrążków wyciętych z grubej tafli szkła optycznego lub zwierciadlanego sklejamy razem balsamem kanadyjskim w jeden blok i powierzchnię walcową szlifujemy zapomocą mokrego „szmerglu" we wspomnianem korytku, przesuwając blok tam i z powrotem równolegle do osi walca, obracając jednocześnie blokiem cokolwiek w jedną i drugą stronę. Podobnie polerujemy następnie oszlifowaną powierzchnię.

5. *Celownik szpilkowy.* Szpara wąska w celowniku ma tę zaletę, że podług niej można dokładnie ustawić szpilkę, ma jednak tę wadę, że przepuszcza mało światła. Odwrotne własności miałaby szpara szeroka. Należy więc zrobić szparę wąską, ale w środku rozszerzoną. Część wąska ma szerokość około 0,5 mm, część szersza około 1 mm.

6. *Mostek Wheatstone'a.* Ważne dobre przyleganie kontaktu. Ramka nie chwiejna, łatwo przesuwana, nie zasłaniająca skali. Poza zaciskami końcowemi (mogą być podwójne) i przy kontakcie, nie powinno być żadnych innych zacisków.

7. *Busola stycznych.* Ma zawierać kilka uzwojeń, o różnej liczbie zwojów. Przy liczbie najmniejszej wychylenie o 45° powinno odpowiadać m. w. 1 amp. Stosunek liczby największej do najmniejszej (co najmniej) 10 : 1. Rama, na której zwoje są nawinięte, ma mieć brzegi wycięte na jednej ze średnic, aby umożliwić zmierzenie średnicy każdego z uzwojeń.

8. *Galwanoskop.* Według rysunku 27, ob. uwagi wstępne do ćwiczeń z elektryczności (C). Liczba zwojów 50 i 100.

9. *Przełącznik rtęciowy* (komutator). Najlepiej drewniany, o budowie solidnej. Pałąk nie wyjmowany. Żłobek naokoło podstawki, lub inne urządzenie zapobiegające rozlewaniu się rtęci.

10. *Opornice zatyczkowe.* Opory: 1, 2, 2, 5, 10, 20 Ω. Cewki należy ustawić na deseczce, nawinięcia mają być widoczne.

11. *Opornica do prawa Ohma.* Druty manganinowe i stalowe (żelazne), długości 4 m, napięte w zygzak na ramie drewnianej; zagięcia na izolatorach. Komplet obejmuje 4 sztuki: manganina 0,5 i 1,0 mm; stal 0,25 i 0,5 mm; cieńsze z każdego metalu muszą mieć, oprócz zacisków końcowych, dwa zaciski pomocnicze dla włączania 1 i 2 m.

12. *Spiralka do prawa Joule'a* (grzejnik elektryczny). Drut z manganiny lub chromo-nikieliny o oporze 3,5 Ω, zwinięty w spiralkę o małej średnicy (5 mm). Spiralka zgięta w pierścień, mieszczący się swobodnie w kalorymetrze (odstęp od ścianek ok. 1 cm). Końce umocowane do grubych drutów miedzianych; trzeci drut dzieli spiralkę na dwie części o oporach 2 i 1,5 Ω. Wszystkie trzy druty umocowane na płytce izolującej i zaopatrzone w zaciski; w środku płyty otwór na termometr. Do tego należy dołączyć oddzielny opór dodatkowy 2 — 1,5 = 0,5 Ω z urządzeniem, umożliwiającem dogodne wyłączanie (zwieranie).

STEFAN BŁACHOWSKI.

O FAZACH ROZWOJU PSYCHICZNEGO MŁODZIEŻY.

(Referat, wygłoszony na Zjeździe dyrektorów szkół średnich ogólnokształcących w Toruniu).

Zagadnienie .faz rozwoju psychicznego młodzieży, które Ministerstwo Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego zaproponowało mi jako temat dzisiejszych moich roztrząsań, doniedawna traktowane było w psychologji całkiem ogólnikowo i w sposób zgoła niedostateczny. Na przeszkodzie trafnemu ujęciu tych spraw stał niepokonalny, zdawałoby się, antropomorfizm człowieka dorosłego, któremu do uszu przyrosły okulary, przez które spoziera na młodość, tak że ich nawet na chwilę zdjąć nie może, aby popatrzeć się niezamąconem okiem na rozkwitające organizmy psychiczne. Dlatego wielkim krokiem naprzód było zdobycie tego poznania, że człowiek dorosły różni się całkowicie od dorastającego człowieka nietylko kierunkiem swych zainteresowań, przystosowaniem się do środowiska, w którem żyje i walczy o byt, ustaleniem charakteru, objektywnością i krytycznością swego umysłu, większą równowagą swej uczuciowości i konsekwencją w działaniu, lecz wogóle wszystkiemi cechami swej osobowości, z wyjątkiem najprymitywniejszych znamion, do których należy przedewszystkiem wrażliwość zmysłowa. Uczeni, którzy zajmowali się badaniem tych najprymitywniejszch znamion osobowości, zaskoczeni byli zgodnością tych funkcyj u młodzieży i osób dorosłych — i skutkiem tego skłaniali się do poglądu, że istota dorastająca podobna jest do człowieka dorosłego, będącego tylko zwykłem wyol-

brzymieniem dziecka. Wystarcza dziecko wziąć pod mikroskop psychologiczny, ażeby w nim zobaczyć — siebie samego. Szczególnie jaskrawo zaznaczył się ten pogląd w odniesieniu do strony somatycznej dziecka. Twierdzono bowiem, że ciało dziecka jest poprostu zmniejszonem ciałem człowieka dorosłego, w którem wszystkie cechy somatyczne występują w zmniejszonych rozmiarach, twierdzenie oczywiście błędne, gdyż ciało dziecka stanowi swoistą formę organiczną, różną pod względem wzajemnego ustosunkowania się poszczególnych organów, pod względem składu krwi, motoryczności i t. d.

W drugą ostateczność popadli badacze, którzy zwrócili uwagę na różnice, zachodzące pomiędzy dzieckiem a dorosłym. Widząc nieudolność dziecka, zawyrokowali, że dziecko nie posiada wogóle całego szeregu zdolności, jakie posiada człowiek dorosły, a jeśli niektóre wykazuje, to tylko w bardzo niedoskonałej formie. Ale i ten skrajny pogląd jest równie błędny, jak poprzedni, albowiem dziecko posiada wszystkie podstawowe zdolności człowieka dorosłego w formie mniej lub więcej zawiązkowej, a przedewszystkiem zwrócone ku innym, niż u człowieka dorosłego, treściom.

Gdybyśmy spróbowali ująć te prawdy w słownictwie bardziej biologicznem, powiedzielibyśmy może, że psychiczny fenotyp dziecka nie ujawnia tego wszystkiego, co zawiera jego genotyp. W genotypie natomiast złożone są zawiązki tych wszystkich zdolności, które kiedykolwiek ujawnią się w biegu indywidualnego życia. Tak np. u dzieci sześcioletnich wrażliwość dorównywa wrażliwości człowieka dorosłego, ale zdolności do abstrakcyjnego myślenia oraz cała, z popędem płciowym związana sfera uczuciowa nie przejawiają się jeszcze, choć niewątpliwie zawiązkowo już istnieją, a nawet niekiedy wyzierają z oblicza duchowego dziecka zazwyczaj w formie nienormalnych zapowiedzi objawów, które później staną się normą.

Dopiero ostatnie lata gruntownych poszukiwań naukowych, operujących nowemi metodami eksperymentalnemi, analizą pamiętników młodzieńczych i wogóle całej twórczości młodocianej, a przedewszystkiem systematyczną obserwacją dorastającego człowieka, odwiodły naukę o dziecku od przedwczesnych pseudosyntez, np. od ujęcia rozwoju psychicznego w sztuczne ramy siedmioletnich, na jakiejś mistyce liczb opartych okresów, i przywiodły ją do systematycznego opracowania całej nieprzebranej mnogości osobniczych, a także typowych objawów psychicznych, do śledzenia w jakich zespołach różne objawy występują i jakim zmianom ulegają te zespoły na drodze rozwojowej do postaci duchowej dorosłego człowieka. W tych badaniach główną rolę odegrali Piaget, Spranger, William Stern, Tumlirz i Ch. Bühler, umożliwiając głęboki wgląd w rozwijającą się strukturę duchową człowieka. Szczególnie ciekawie, jako próba syntetycznego ujęcia zagadnień rozwojowych, przedstawiają się poglądy, jakie Otto Tumlirz zawarł w książce „Die seelischen Erscheinungen der Reifejahre" (Lipsk 1927). Na tych poglądach oprzemy w znacznej mierze nasze wywody.

Zanim przejdziemy do rozpatrzenia poszczególnych okresów rozwoju duchowego, zatrzymamy się jeszcze na chwilę na zagadnieniu czasu trwania młodości. Sprawę tą ujął interesująco rosyjski psycholog Zieńkowski, w książce, która ukazała się świeżo w przekładzie polskim Piotra Macewicza p. t. „Psychologja dziecięctwa" (Warszawa, Książnica-Atlas 1929). W książce tej wyraz dziecięctwo użyty jest w znaczeniu węższem, obejmującem okres życia aż do dojrzewania płciowego, i w znaczeniu szerszem, objmującem cały okres młodości aż do wejścia w okres dojrzałości dorosłego człowieka. Otóż przy biologicznem pojmowaniu dziecięctwa (w szerszem znaczeniu), obejmuje ono wszystkie te lata, „gdy człowiek nie jest jeszcze przygotowany do życia samodzielnego, do samodzielnej walki o byt". „Proces historyczny—powiada Zienkowski (str. 78)—z konieczności wiedzie do tego, że przeciętne minimum socjalnej tradycji, które musi być koniecznie przyswojone, staje się coraz to większem. Jeżeli na początku wieku XIX było jeszcze możliwe, że chłopiec 13-letni wstępował do uniwersytetu, to obecnie byłoby to niemożliwością. Jeżeli wówczas, w wieku 15 — 16 lat nierzadko wchodzono już na drogę samodzielnej twórczości i samodzielnego życia, to obecnie tylko ciężkie warunki socjalne mogą zmusić młodzieńca do przejścia w tym wieku do zupełnej samodzielności. Zazwyczaj, w normalnych warunkach naszego życia kulturalnego, samodzielne (pod względem ekonomicznym i socjalnym) życie, samodzielna twórczość rozpoczyna się około 25 roku życia. Oczywiście, że w znaczeniu biologicznem jesteśmy przygotowani do samodzielnego życia znacznie wcze-

śniej (co wyraża się w prawodawstwie zezwoleniem na wstępowanie w związki małżeńskie), — żyjemy jednak nietylko życiem biologicznem, ale również i socjalnem. Zostać socjalnie samodzielnym to znaczy nietylko rozumieć to, co się wokół dzieje; ale i posuwać życie naprzód, być zdolnym do socjalnej twórczości. Materjał, który musi być przyswajany, z każdem pokoleniem wzrasta na tyle, że dziecięctwo z rozwojem kultury nie skraca się, ale się, przeciwnie, przedłuża. Dziecięctwo jest odrębną fazą nietylko w psychofizycznem i psychicznem, ale i w socjalnem dojrzewaniu człowieka,—i fazie tej można przeciwstawić tylko *dojrzałość*, rozumiejąc przez tę nazwę wstąpienie w okres pełnego rozkwitu wszystkich sił i samodzielnego życia. Całe życie człowieka może być z tego stanowiska podzielone na trzy okresy: dziecięctwo, dojrzałość, starość. Różnice między temi okresami można określić w sposób socjalno-biologiczny: dziecięctwo obejmuje okres przygotowania do życia samodzielnego drogą przyswajania sobie przeciętnego minimum socjalnej tradycji; dojrzałość charakteryzuje zdolność do samodzielnego życia i twórczości; starość wreszcie cechuje stopniowa zatrata sił twórczych i obniżenie zdolności do życia samodzielnego".

Kwestja podziału całego okresu młodości na poszczególne fazy połączona jest z licznemi trudnościami nietylko natury merytorycznej, ale też terminologicznej. Nawet jeśli chodzi o rozwój fizyczny, przedstawiający niewątpliwie mniej trudności, natrafiamy na liczne niedociągnięcia. Tak np. rozróżnia się pięć faz kolejnych rozwoju fizycznego zależnie od tego, czy organizm rozwija się bardziej w kierunku wzrastania, czy też bardziej w kierunku rozrastania się, czyli pełnienia. „W pierwszych organizm buja niejako wgórę, w drugich pełnieje. Fazy te występują następująco:

I	Od	1— 4	lat	faza pierwszej pełni
II	„	5— 7	„	„ pierwszego bujania
III	„	8—10	„	„ drugiej pełni
IV	„	11—15	„	„ drugiego bujania
V	„	15	„	„ dojrzewania ogólnego".

Ta terminologja o bujaniu czyni przykre wrażenie i sprawia, że mimowoli myśli się raczej o bujaniu autora, niż o bujaniu dziecka.

Jeżeli chodzi o oznaczenie całego okresu życia, w którym człowiek się rozwija, to najlepiej — zdaniem mojem — posługiwać się wyrazem „młodość". Okres młodości rozpadałby się wówczas na okres dziecięctwa, gdzieś do 12 roku życia, na okres dojrzewania i na okres młodzieńczy. Nas najbardziej interesować musi okres dojrzewania, jako ten okres, który trwa właśnie mniej więcej tak długo, jak długo młodzież uczęszcza do szkół średnich.

Zobaczymy, w jaki sposób ten okres duchowego rozwoju wyrasta z poprzednich. Najpierw wyodrębnia się bardzo wyraźnie pierwszy rok życia. W okresie tym dziecko uczy się posługiwać się narządami zmysłowemi a pozatem żyje życiem pierwotnych instynktów, np. instynktu odżywiania się.

Dopiero od drugiego roku życia rozpoczyna się właściwie, z punktu widzenia psychologicznego, indywidualne duchowe życie. Dziecko wyrabia w sobie w tym okresie wczesnego dziecięctwa te wszystkie zdolności, które mu potrzebne są do życia i służą do wyzwolenia się z całkowitej zależności od osób dorosłych. Zdobywa więc władzę nad własnem ciałem, ażeby nie leżeć bezsilnie, i uczy się mowy, ażeby wypowiedzieć pragnienia i potrzeby.

Przygotowuje się w ten sposób do następnego okresu, który nastąpi z chwilą, w której wymienione zdolności dostatecznie się wykształcą. W okresie tym panuje bezwzględny egocentryzm. Wyobrażenia dziecka opierają się na niedokładnych obserwacjach, z których jednak dziecko z łatwością tworzy fantastyczne syntezy, a wszystko to przepojone jest własnemi personifikacjami i uczuciami i odniesione do własnej osobowości. Jest to okres, który Stern nazwał okresem egomorfizmu, a Meumann okresem fantastycznej syntezy. Jest to zarazem okres niezwykłego ożywienia, niezwykłego tempa rozwojowego, ważny także dlatego, że właśnie w tym okresie życia, według Freuda, zdarzają się tak zwane urazy psychiczne, które stają się zawiązkiem późniejszych zaburzeń nerwicowych.

Skoro wszystkie właściwości tego wczesnego dziecięctwa dojdą do pełnego rozkwitu, następuje przełom, jednakowoż nie odrazu, lecz mniej więcej po dwuletnim okresie przejściowym, który jest jakgdyby przestankiem, jakgdyby okresem wytchnienia w rozpędzie rozwijającej się psychy. Po przejściu tej przer-

wy rozwojowej dziecko wykazuje zmienioną postawę duchową. Umysł jego zwrócony jest ku przedmiotom świata zewnętrznego, jego stosunek do świata staje się rzeczowy, przenika je, jak ktoś powiedział, fanatyzm rzeczywistości. Pod koniec tego okresu zainteresowania rzeczywistością specjalizują się, dziecko obiera sobie pewne dziedziny, w których dochodzi do wielkiej perfekcji jako zbieracz roślin, motyli, znaczków pocztowych i t. p. U szczytu tego okresu, jako dziesięciolatek, wchodzi chłopak do szkoły średniej. Umysł jego nosi cechy znacznego zrównoważenia, jego życie uczuciowe nie jest ani bujne, ani nie interesuje go zbytnio. Nie burzy się przeciwko dorosłym w ogólności, a wychowawcom w szczególności. Nie jest jeszcze trudnym objektem pedagogicznym, którym stanie się dopiero za jakie trzy lata. Jest posłusznym uczniem, poddaje się zarządzeniom, jednak nie z poczucia obowiązku, lecz z obawy przed karą, która przeważa jeszcze nad pokusami. Jest spokojny, pewny siebie, rzeczowy. Spranger powiada, że „człowiek w tej fazie rozwojowej jest już realistą. Ale jest on nim w specjalnem ograniczeniu do przedmiotów, które stanowią świat dziecięcy albo weń sięgają. Odnosi się zdecydowane wrażenie, że dziecko jako takie jest „skończone". Został osiągnięty pewien stan równowagi sił, o ile chodzi o opanowanie dotychczasowej sfery życiowej". (Spranger, Psychologie des Jugendalters).

Ale ten stan równowagi sił, czyniący na obserwatorze tak harmonijne wrażenie, niebawem zostaje poważniej niż kiedykolwiek dotychczas zakłócony. Dziecko 12 — 13 letnie wchodzi bowiem znowu w okres przejściowy i zarazem przygotowawczy do następnej głównej fazy rozwojowej, którą jest faza dojrzewania. Ten okres przejściowy 12 — 13 letnich jest również czasem zwolnienia tempa rozwojowego, przerwą pomiędzy dwiema wielkiemi godzinami życia, ale przerwą burzliwą, zapełnioną niepokojem i rozdarciem wewnętrznem, dzikością i nieokiełznaniem oraz brakiem szacunku i miłości dla rodziców i wychowawców. Zasadniczym rysem tego przejściowego okresu jest przeczenie sobie i innym, albo, według określenia Tumlirza, przekora. Jest to okres, który wiele kłopotu sprawia wychowawcy, a jednak głębszą przyczyną tej przekory nie jest pierwiastek zła czy zepsucia, lecz wewnętrzna słabość i bezradność, a przekora jest tylko maską zasłaniającą wewnętrzną bezsil-

ność. Jest to okres, w którym obok istniejącego od pierwszego tchnienia popędu samozachowawczego zaczyna się budzić potężny popęd do zachowania gatunku, do spełnienia którego dziecko w tym okresie przejściowym nie jest jeszcze gotowe. Budzi się żywe zainteresowanie dla życia płciowego, chęć do podglądania dorosłych drugiej płci, do uświadomienia płciowego zapomocą lektury. Jednakowoż jakkolwiek instynkt płciowy ogarniać zaczyna całe życie duchowe, jakkolwiek zainteresowanie sprawami płciowemi rośnie z dnia na dzień i dochodzi do wysokiego napięcia, mimo to obie płci stronią od siebie, ignorują się nawzajem, a nawet przybierają względem siebie wrogą postawę.

Młodzież w tym okresie jest impulsywna, wykazuje zewnętrznie cechy brutalności, wpada ustawicznie w konflikty z wychowawcami, a zainteresowania jej skierowane są jednostronnie ku sferze seksualnej i ku literaturze awanturniczej.

Ten okres przekory jest szczególnie ważny dla wychowawcy i dlatego uzupełnimy tło, jakie zarysowaliśmy, jeszcze kilkoma szczegółami. Przedewszystkiem zauważymy, że w okresie tym budzi się zmysłowość, która nie szuka zaspokojenia w drugiej płci, lecz wyżywa się autoerotycznie lub w gronie osobników tej samej płci. Zmysłowość dziewcząt w tym czasie szuka sobie zazwyczaj jakiegoś objektu, obojętnie jakiej płci i jakiego wieku. Jest to okres gromadnego adorowania jakiegoś nauczyciela lub nauczycielki, śpiewaka, lotnika i t. p. Chłopcy postępują w tym względzie już bardziej indywidualnie i wiążą się uczuciowo zwykle z jakąś dojrzałą kobietą. Przyjaźń pomiędzy dziewczętami i chłopcami jest wykluczona: chłopcy uważają je za „głupie gęsi", a dziewczęta chłopców za łobuzów. Jeżeli się zdarza, że chłopak trzynastoletni zakochuje się w rówieśnej lub starszej dziewczynie, to wstydzi się tego i kryje swą miłość. Natomiast wśród osobników tej samej płci zawiązują się silne węzły przyjaźni i przyjaźń taka obowiązuje do wielkiej solidarności, opierającej się na swoistem poczuciu honoru. Także i te zjawiska występują o wiele jaskrawiej u chłopców niż u dziewcząt. Przyjaźń w tym wieku jest już wymagająca. Trzeba dochowywać wiary swym przyjaciołom, wyłamanie się z solidarności grupowej bywa surowo karane, obraza, zwłaszcza wobec innych, wobec kolegów, spotyka się z ostrą reakcją, np. w for-

mie bójki na podwórzu szkolnem lub na ulicy. Poczucie honoru jest w tym okresie przejściowym zlekka — wypowiadam te sł · wa z pewnem wahaniem — rycersko-bandyckie. Rojenia o wyprawach awanturniczych przeistaczają się niekiedy w rzeczywistość i łatwo doprowadzić mogą do tworzenia się band, które — sprowadzone z drogi cnoty przez zły wpływ przywódcy — mogą stać się prawdziwą plagą przez płatanie mniej lub więcej złośliwych figlów i psot, wyrządzanie szkód, a nawet — bo i takie niestety rzeczy się zdarzają — przez urządzanie wypraw złodziejskich i rabunkowych.

Owo poczucie honoru, będące dziwnym konglomeratem pierwiastków rycerskich, włóczęgoskich a nawet bandyckich, sprawia, że w chwilach zamieszek dziejowych, zwłaszcza nie ujętych w żelazne ramy organizacyjne, natrafiamy na udział ochotniczy stosunkowo wielkiej ilości jednostek młodocianych. U osobników takich występują niejednokrotnie motywy patrjotyczne na drugim planie, przytłumione wybujałą żądzą przygód.

Niekiedy skłonności awanturnicze wyradzają się w jawny bandytyzm. Niedawno doniosły dzienniki, że w jednem z miast powiatowych wykryto zorganizowaną szajkę skrytobójczych zamachowców, złożoną z piątoklasistów miejscowego gimnazjum. Szajka ta od dłuższego czasu godziła na życie i zdrowie kilku profesorów i ich rodzin, ostrzeliwując po nocach ich mieszkania.

Wypływa stąd, jak trudnym jest z punktu widzenia pedagogicznego ów przejściowy okres rozwojowy i jak wielkiej wymaga dbałości ze strony wychowawców.

Przedstawiony właśnie stan psychiczny okresu przejściowego stawia nauczyciela przed odpowiedzialnem zadaniem wyprowadzenia swych wychowanków z tego burzliwego okresu. Wszystko zależy tu od tego, czy nauczyciel zdołał sobie pozyskać zaufanie i szacunek. Jeśli tego nie zdołał, wówczas musi chwytać się wobec wybryków jednostek i grup coraz ostrzejszych represalij. Ale te represalje pozostają bezskuteczne, gdyż solidarność grupowa i owo młodociane poczucie honoru, o którem właśnie mówiłem, pobudzają uczniów do tego, ażeby popełnić jakiś czyn, któryby nauczyciela doprowadził do wściekłości. Im bardziej taki wychowawca się rzuca, im gwałtowniejszy atak musi uczeń wytrzymać, tym większym staje się we własnych oczach bohaterem i tem jaśniejsza otacza go aureola bo-

haterstwa u rówieśników. Pozycja gnębiącego, rzucającego się, szafującego wyzwiskami i wszelkiego rodzaju represaljami nauczyciela jest więc zgóry pozycją straconą. Jeżeli spotykamy jeszcze dzisiaj ten typ nauczyciela, który co chwila na ustach ma cały słownik wyrazów mniej kulturalnych, to możemy być pewni, że cały jego wysiłek nerwowy wywołać tylko może całkiem ujemny wynik wychowawczy. Można oczywiście młodzież teroryzować i zmusić ją różnemi represaljami do uległości, lżąc ją przytem wyzwiskami, ale karność w ten sposób uzyskana jest jedynie pozorna, a w gruncie rzeczy młodzież zostaje zdemoralizowana staje się nieufna i fałszywa, nienawidząca swych wychowawców i to fałszywe nastawienie duchowe przenosi na całe starsze pokolenie. Takiemi środkami pogłębia się tylko przepaść, jaka i tak istnieje pomiędzy pokoleniem młodszem i starszem.

Trzeba więc sięgnąć do zupełnie innych środków wychowawczych, ażeby młodzież wydobyć z odmętów Scylly i Charybdy okresu przekory. I tutaj zarysowuje się tylko jedna droga, którą trafnie wskazał Tumlirz w swej książce „Die Reifejahre". Trzeba dołożyć starań, ażeby wejść w ścisły kontakt ze społecznością, jaką tworzy klasa uczniów, tak ażeby uczniowie czuli przynależność nauczyciela do klasy. W grupie tej jednak nauczyciel musi zachować stanowisko czołowe, budzące szacunek. „Jeżeli nauczyciel zdoła uzyskać ze społecznością kontakt duchowy, wówczas wpływ jego może być całkiem niezwykły zarówno na całą grupę, jak na każdego poszczególnego ucznia. Wielka duchowa przewaga, siła fizyczna i zręczność, przytomność umysłu i natychmiast reagujący dowcip, przy pomocy których odrazu odparowuje się wybryki i próbuje się przed całą zbiorowością ośmieszyć wyzywające zachowanie się i zawstydzić ucznia, są to właściwości, które wzbudzają u młodzieży co najmniej szacunek, jeśli nie uwielbienie i miłość. Jeżeli nauczyciel zażywa szacunku u klasy, wówczas każde wykroczenie pojedynczego ucznia uważane bywa za wstyd dla zbiorowości, cała grupa nietylko uznaje wymierzenie kary, lecz nawet zwiększa ją często w sposób bezlitosny przez ogólną pogardę, niedopuszczenie do wspólnych gier i t. p." (Tumlirz, str. 87). Takie właściwości, o których wspomina Tumlirz, rzadko oczywiście zdarzają się skupione w osobie jednego nauczyciela, ale

dużo już zdziałać może dobra wola i umiłowanie młodzieży, których w żadnym pedagogu nie powinno zabraknąć. I jeszcze o jednem trzeba pamiętać, o czem się niestety aż nazbyt często zapomina, mianowicie o tem, że, rozwijając się, młodzież wchodzi w okresy, w których zmienia całkowicie swe oblicze duchowe. Po burzliwości okresu przekory, po czysto negatywnem nastawieniu się na wszelkie wartości, następuje okres bardziej zrównoważony, okres właściwego dojrzewania i pogłębiania nowych wartości — i dlatego nauczyciel powinien umieć puścić w niepamięć przykrości, jakich doznał od ucznia w poprzednim okresie. W przeciwnym bowiem razie wielką wyrządza się uczniowi krzywdę, który wlecze za sobą, jakże ciężką niekiedy kulę dawniejszych ujemnych opinij swych nauczycieli.

Z okresem przekory bynajmniej nie kończy się odporne stanowisko młodzieży wobec starszej generacji i reprezentowanej przez nią kultury. Ale przekora ta przekształca się gruntownie i przybiera charakter bardziej stałego i racjonalnie uzasadnianego oporu. Równocześnie następuje zwrot od zajęcia się światem zewnętrznym ku światu wewnętrznemu. Młodzieniec odkrywa swoje własne życie duchowe, którego bogactwo go olśniewa, czuje i poznaje, że posiada własną indywidualność, własną jaźń, którą wyodrębnia od wszystkiego innego, ceni ją nadewszystko i czyni z niej ognisko, punkt centralny całego świata. Wytwarza się w tym głównym okresie dojrzewania, który obejmuje całe wyższe gimnazjum, wybujały indywidualizm, nieledwie solipsyzm, tak dalece nic innego z własną jaźnią nie może się równać. Życie uczuciowe płynie po subtelniejszych i szlachetniejszych torach, przetkane tęsknotami i marzeniami, zabarwione romantycznym sentymentalizmem, częstokroć zasępione bolesnym Weltschmerz'em. Jest rzeczą jasną, że także taki stan duchowy nie sprzyja zbytnio nauce szkolnej. Zwrócenie się ku wnętrzu własnej osobowości odsuwa na dalszy plan wszystko, co się łączy z zimną, suchą, krępującą rzeczywistością i tylko takie wycinki rzeczywistości wywołują w młodzieńcu zainteresowanie, które mają głębszy związek z jego osobowością. Jest to okres, w którym młodzieniec posiada głęboką wiarę w swe siły, kiedy mu się zdaje, że „piekłu ofiarę wydrze, do nieba pójdzie po laury". Jest to okres poczucia twórczych wzlotów, które łamią swe skrzydła, uderzając o twardą rzeczywistość i o sko-

stniałość duchową starszego pokolenia, — a także o złą wolę osób dorosłych, bo i ten zarzut czyni rwący się do dalekich lotów młodzieniec, wypominając starszym kompromisowość i tchórzostwo. Młodzieniec, sądząc, że do niego należy cały świat albo przynajmniej należeć będzie z chwilą, w której wyruszy na jego podbój, nie wie, nie umie pojąć, a nawet może z uporem nie chce zrozumieć, że każdy człowiek wpleciony jest w gęstą, powikłaną siatkę związków przyczynowych i duchowo zależny od systemu wartości, obowiązującego w danym przekroju dziejowym kultury. Jest to okres, który William Stern określił jako okres „der Auseinandersetzung zwischen Ich-und Fremdwerten", w którym wybujała własna jaźń walczy ze wszystkiemi wartościami, które pachną tradycją, zaściankowością, autorytetem, opieką władz i duchowieństwa. Przy tem wszystkiem jednak własna osobowość jest jeszcze zbyt mało wyrobiona, własna twórczość zbyt słaba a zdolność do abstrakcyjnego myślenia nie dość krytyczna i wytrwała, ażeby młodzieniec mógł dojść do samodzielnego, zadowalającego go wewnętrznie systemu wartości. A ponieważ w swych zapędach światoburczych zwalcza wszystko, co utarte i pokryte patyną powszechnego uznania, przeto zwraca się ku takim systemom, które mają na sobie pokost nowinkarstwa, glorję bohaterskiego szamotania się lub zaszczytne piętno rewolucyjności. Dlatego to poprzednie pokolenie młodzieży entuzjazmowało się odnawiającym się monizmem, który z jednej zasady wywodził wszechświat, i czytało pod ławkami surowo zakazane „Die Welträtsel" Ernesta Haeckla, dlatego gorączkowo chwytało się koncepcji nadczłowieka i pożerało oczyma: „Tako rzecze Zaratustra" Nietzschego, który jako reakcję swej przewrażliwionej i miękkiej duszy stworzył brutalny typ nadczłowieka, podobny w tem do młodzieńca pokrywającego swą wewnętrzną słabość pozorami wielkiej siły, i dlatego dziś — nie dziwmy się temu zbytnio — dowiadujemy się tak często o istnieniu sympatji dla kierunków komunistycznych, zapowiadających przeobrażenie całej kultury i powszechną równość i szczęśliwość — dowiadujemy się nawet o istnieniu komunizujących kółek, które może często zbyt pochopnie piętnujemy jako jaczejki komunistyczne — chociaż niewątpliwie niekiedy jaczejki komunistyczne wkradły się do szkół średnich,

zwłaszcza tam, jak mi się zdaje, gdzie młodzież jest narodowościowo i rasowo mieszana.

Zagadnienia, którego tu dotknąłem, nie należy jednak lekceważyć, gdyż wykracza ono niekiedy poza dziedzinę polityki szkolnej i zazębia się o politykę ogólno państwową. W wypadkach, w których młodzież przechodzi przez fazę komunistycznych sympatyj o własnych siłach, jak przechodzi np. przez fazę buddyzmu, nurt komunistycznych sympatyj nie zahacza o sprawy ogólno-państwowe. Kiedy jednakowoż młodzieńczy idealizm pragną wyzyskać kryjący się przed okiem władz wysłannicy organizacyj komunistycznych, pozostających zwykle na usługach obcego państwa, wówczas zachodzi obawa, że młodzież zostanie użyta do ciemnych celów antypaństwowej roboty. Nie posiadamy dotychczas materjałów do ścisłego opracowania tego zagadnienia i dlatego byłoby rzeczą wielce pożądaną, ażeby władze szkolne gromadziły ulotki komunistyczne, broszury i tajne czasopisma, protokóły procesów sądowych i raporty policyjne. Dopiero na podstawie takiego materjału będzie można zdać sobie sprawę rozmiarów komunistycznej akcji szkolnej i ze sposobów, zapomocą których komuniści usiłują dotrzeć do młodzieńczej psychiki.

Nakreśliwszy sylwetkę młodzieńca w wieku mniej więcej 14—17 lat i poznawszy, jak odnosi się on do starszego pokolenia, zapytajmy się teraz, jak starsze pokolenie, a zwłaszcza wychowawca, powinien się odnosić do tego młodego człowieka. Postulaty, jakie w tej sprawie wypowiadamy, wyłaniają się same z psychologji młodzieży. Poznaliśmy jako charakterystyczny rys młodzieńczej psychiki silne akcentowanie własnej osobowości. Młodzieniec w tym wieku pragnię, ażeby dorosły człowiek brał go całkiem na serjo, i to nietylko jego osobę jako taką, ale także wszystko, co z tą osobą się wiąże, a więc także i przedewszystkiem to, co dla młodocianego stanowi jakąś wartość. Pamiętać trzeba o tem, że młodzież w tym wieku uważa nieraz za niezwykle ważne takie sprawy, które nam się wydają małoznaczne i że bardzo łatwo zraża się, jeśli się te sprawy ośmiesza. Dusza młodzieży w tym wieku jest tak wrażliwa i zarazem tak ambitna, że drobna scysja pomiędzy nauczycielem a uczniem rozdęta być może do rozmiarów katastrofy, ironiczne odezwanie się wzięte jako śmiertelna obraza. Jest to bowiem okres wieku, w którym ośmieszanie i ironizowanie bywają boleśnie odczute jako chęć poniżenia młodocianej osobowości.

Nasza sylwetka byłaby jednak niezupełna, gdybyśmy nie dodali, że młodzieniec, podkreślający ważność swej osobowości, — „robiący się ważnym" jak potocznie mówimy — nie zna także i przeciwnych stanów, to znaczy stanów, w których uświadamia sobie swą słabość, swą małoznaczność, w których dręczy siebie samego druzgocząca autokrytyką; ale nawet to poniżanie siebie samego bierze młodzieniec jako coś bardzo ważnego, czego nikomu nie pozwala lekceważyć. Tak więc zarówno wzloty, jak też opady w ocenie siebie samego wzięte są zawsze jako coś bardzo ważnego, co ma doniosłe znaczenie, niekiedy znaczenie wprost tragiczne dla narodu, kultury, nawet wszechświata. Tego obniżenia swej własnej wartości ze strony dorosłego boi się młodzieniec jak ognia, i dlatego omija osoby dorosłe, ukrywa przed niemi swe plany i zamiary, swe marzenia i tęsknoty, a w razie potrzeby bez wahania kłamie. Kłamie wtedy, kiedy mu się zdaje, że osoba dorosła, której niedowierza, jest na tropie jego tajnych myśli. Tumlirz zwrócił uwagę na to, że pomiędzy kłamstwem młodzieńca a kłamstwem dziecka zachodzi wielka różnica. Dziecko bowiem kłamie w tym celu, ażeby uzyskać jakąś korzyść albo uniknąć kary, młodzieniec natomiast w tym celu, ażeby obronić poczucie swej własnej wartości przed atakiem człowieka dorosłego.

Szkoła jest jedną z tych instytucyj, wobec których młodzież zawsze zachowa mniej lub więcej obronną postawę. Nawet wówczas, kiedy szkoła — według naszego przekonania — będzie najlepszą. Nawet najlepsza szkoła będzie zawsze wytworem starszej generacji, a między starszą a młodszą generacją zawsze istnieć będzie pewien stan napięcia. Jestem przekonany, że ten stan napięcia istnieć musi nietyle z powodu właściwości duchowych pokolenia wychowującego, które przecież ma najlepsze chęci przystosowania szkoły do psychiki młodzieńczej, ile z powodu właściwości psychiki młodzieńczej, która wobec wszystkiego, co uznaje starsze pokolenie jako wartość zajmuje nieufną lub wprost odtrącającą postawę. Szkoła jest dorastającemu człowiekowi zgóry narzucona przez najróżniejsze czynniki. Dziecko, czy chce, czy nie chce, musi do szkoły uczęszczać i w niej spędzić, jej poświęcić główną część swej młodości. Musi — to prawda! Nie na darmo

A 406.

wszak istnieje termin „przymus szkolny". W stosunku do przymusu, jaki nakłada na ucznia szkoła, młodzieniec może zachować się albo tak, że się temu przymusowi poddaje rzeczywiście lub pozornie, albo tak, że się jemu wprost sprzeciwia. Ten drugi sposób, sposób otwartej walki, nie może liczyć na powodzenie, musi się on zawsze kończyć fiaskiem, dlatego też ostatecznie mamy do czynienia tylko z dobrowolną uległością, albo — zapewne najczęściej — z pozorną uległością. Odwieść młodzież od wewnętrznego buntowania się przeciwko szkole, i to nie drakońskiemi środkami zapomocą różnych zewnętrznych kar i represalij, jest już niemałą sztuką i niemałym sukcesem pedagogicznym. Można to zrobić tylko w ten sposób, że się młodzieży daje sposobność do wygrywania tych atutów, które ona posiada: zapału, dążności do samodzielności, dobrych chęci, świeżości uczuć. Trzeba umieć nietylko hamować młodzież, gdzie tego koniecznie potrzeba, ale też dawać jej pewne swobody i umieć z nią współtworzyć. Albowiem młodzież w tym okresie rozwojowym pragnie samodzielnie tworzyć. Trzeba też być dostatecznie liberalnym, ażeby dopuścić i znieść sine ira ac studio krytykę tego systemu wartości kulturalnych, który nas obowiązuje, tembardziej że kultura nasza niejedną posiada ciemną stronę. Pomagając młodzieży w krytyce, oczywiście racjonalnej, można zdobyć jej zaufanie, gdyż młodzież czuje wówczas w swym wychowawcy sprzymierzeńca w tem, co uważa za jedno ze swych najszczytniejszych zadań: krytyce systemu wartości dorosłego pokolenia. Natomiast zapomocą zwykłego, a zwłaszcza apodyktycznego, brutalnego nakazu nie wiele można wskórać. Albowiem młodzież wyczuwa w nakazie takim tendencje wrogie, zmierzające do umniejszenia jej wartości, i reaguje obronnie, bądźto wprost uchylając się od wypełnienia nakazu, bądźto wykonywując go z pozorną uległością, ale przychylając się do niego wewnętrznie.

Kończę moje wywody pięknemi słowami Claparède'a (Psychologja dziecka, tłum. M. Górska, Warszawa 1927) o roli dziecięctwa: „Wiek dojrzały, to skrystalizowanie, zestalenie; zadaniem dzieciństwa jest odsunąć możliwie najdalej tę chwilę, w której osobnik, tracąc swoją zdolność „stawania się", krzepnie, unieruchamia się w swym kształcie na podobieństwo żelaza, któremu kowal pozwolił ostygnąć".

Dolnośląska Biblioteka Pedagogiczna
we Wrocławiu

